

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาสมรรถนะปั๊มดูดโคลนแบบอีเจ็คเตอร์
Performance Study for Dredge Mud by Ejector



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 64201
วัน,เดือน,ปี..... ๒7 ก.ย. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2547
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะปั๊มดูดโคลนแบบอีเจกเตอร์
Performance Study for Dredge Mud by Ejector

นายรชานนท์ เพชรเวโรจน์

นายวทีญญ สิริวิชชรพงศ์

นายรัฐฐา สัยงาม



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสมรรถนะปั๊มคูดโคลนแบบอีเจ็คเตอร์

Performance Study for Dredge Mud by Ejector

ผู้จัดทำ

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. นายรชานนท์ เพชรเวโรจน์ | รหัสประจำตัว 44010657 |
| 2. นายรัฐฐา สัยงาม | รหัสประจำตัว 44010809 |
| 3. นายวทัญญู สิทธิวัชรพงศ์ | รหัสประจำตัว 44010816 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. จักรก้อง - ปราบแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะปั๊มดูดโคลนแบบอีเจ็คเตอร์

นายรชานนท์ เพชรเวโรจน์ รหัสประจำตัว 44010657

นายรัฐฐา สัยงาม รหัสประจำตัว 44010809

นายวทัญญู สิทธิวัชรพงศ์ รหัสประจำตัว 44010816

รศ. จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็น การนำเสน่วิธีการสูบโคลนซึ่งเป็นมลพิษต่อสภาพแวดล้อมด้วยระบบเจ็ตปั๊ม โดยได้ออกแบบระบบและทำการทดสอบประสิทธิภาพ โดยการสูบน้ำที่มีส่วนผสมของโคลนในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ทดลองโดยใช้ปั๊มทอโข่งขนาด 1 แรงม้า เหนือ 26-30 เมตร เป็นตัวขับเจ็ตปั๊ม และจะทำการทดสอบ โดยการเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำกับโคลน และอัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (l/D) ในระยะต่าง ๆ และนำค่าข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของเจ็ตปั๊ม เพื่อที่จะทราบประสิทธิภาพดีที่สุดของเจ็ตปั๊ม จากการทดลองที่ได้ ทำให้ทราบอัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (l/D) ที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือระยะ เท่ากับ 0.5 โดยที่ทำการทดลองกับน้ำที่ไม่ผสมโคลน ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 21.64% เมื่อทำการทดลองโดยมีส่วนผสมของโคลนเท่ากับ 20% ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 19.49% เมื่อทำการทดลองโดยมีส่วนผสมของโคลนเท่ากับ 30% ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 17.13% เมื่อทำการทดลองโดยมีส่วนผสมของโคลนเท่ากับ 50% เท่ากับ ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด 15.03% โดยจุดที่จะประหยัดพลังงานได้มากที่สุดคือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ที่จุดนั้นอัตราส่วนอัตราการไหลจะอยู่ในช่วง 0.5-0.6 และอัตราส่วนจะอยู่ในช่วง 0.3-0.4 จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของเจ็ตปั๊มจะลดลงเมื่อส่วนผสมของโคลนเพิ่มขึ้นเพราะโคลนมีความหนืดและความหนาแน่นมากกว่าน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Performance Study for Dredge Mud by Ejector

Mr. Rachanon Peachvearogh

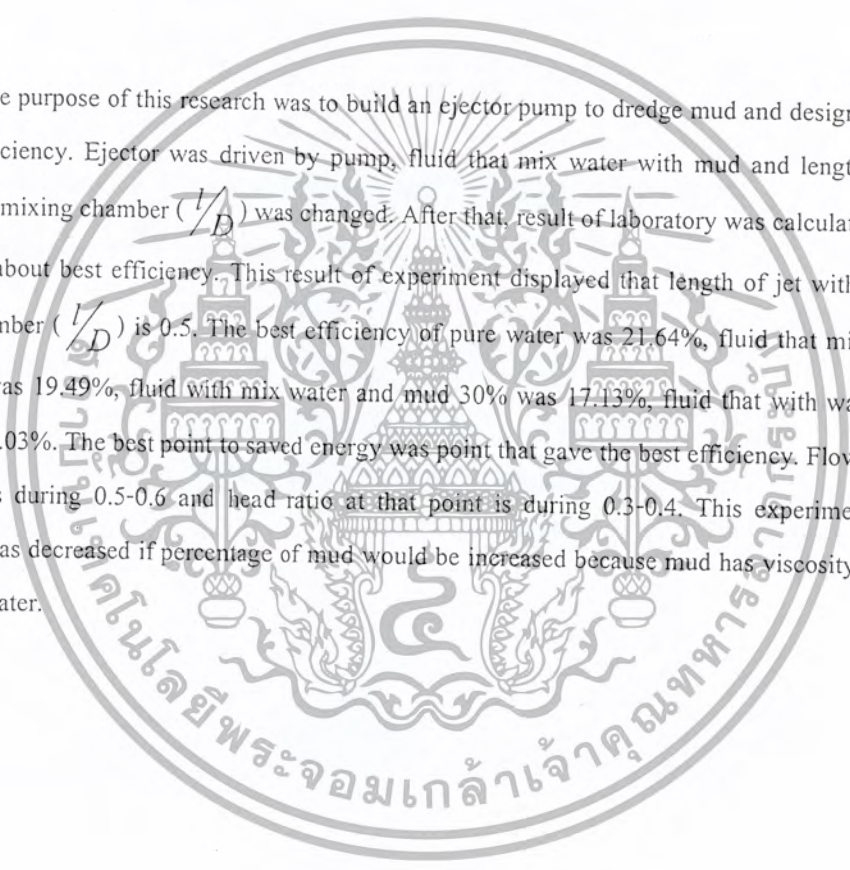
Mr. Watanyu Sitthiwatcharapong

Mr. Rattha Saigam

Assoc. Prof. Chamlong Prabkeao Advisor

Abstract

The purpose of this research was to build an ejector pump to dredge mud and design machine for test the efficiency. Ejector was driven by pump, fluid that mix water with mud and length of jet with diameter of mixing chamber (l/D) was changed. After that, result of laboratory was calculated efficiency for known about best efficiency. This result of experiment displayed that length of jet with diameter of mixing chamber (l/D) is 0.5. The best efficiency of pure water was 21.64%, fluid that mix water with mud 20% was 19.49%, fluid with mix water and mud 30% was 17.13%, fluid that with water and mud 50% was 15.03%. The best point to saved energy was point that gave the best efficiency. Flow rate ratio at that point is during 0.5-0.6 and head ratio at that point is during 0.3-0.4. This experiment displayed efficiency was decreased if percentage of mud would be increased because mud has viscosity and density more than water.



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย นุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ด้วยดีก็คือ รศ.จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ผู้เขียนต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการคำนวณสมรรถนะของปั๊มน้ำแบบหัวฉีด	4
2.1 ประสิทธิภาพของเครื่องปั๊ม	4
2.2 การวัดอัตราการไหลออกจากหัวฉีด	5
2.3 การวัดอัตราการไหลของส่วนผสม	8
บทที่ 3 การทดลองและผลการทดลอง	10
3.1 ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง water jet pump	11
3.2 การออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	12
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	13
3.4 วิธีการทดลอง	13
3.5 การ calibrate orifice	14
3.6 การ calibrate flow meter	14
บทที่ 4 สรุป	55
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก.	57
เอกสารอ้างอิง	60



สารบัญตาราง

	หน้า
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0 โคลน 0%	15
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0 น้ำกับ โคลน20%	16
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0 น้ำกับ โคลน30%	17
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0 น้ำกับ โคลน50%	18
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 โคลน 0%	19
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 น้ำกับ โคลน20%	20
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 น้ำกับ โคลน30%	21
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 น้ำกับ โคลน50%	22
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 1 โคลน 0%	23
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 1 น้ำกับ โคลน20%	24
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 1 น้ำกับ โคลน30%	25
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 1 น้ำกับ โคลน50%	26
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 2 โคลน 0%	27
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 2 น้ำกับ โคลน20%	28
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 2 น้ำกับ โคลน30%	29
ชุดข้อมูลระยะห่างระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางห้องผสม (I/D) ที่ 2 น้ำกับ โคลน50%	30



สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของปั้มน้ำแบบหัวฉีด	1
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของ Deep-well pumping	2
รูปที่ 1.3 แสดงลักษณะของ Booster pumping	2
รูปที่ 1.4 แสดงลักษณะของ Tail-water suppressions	3
รูปที่ 1.5 แสดงลักษณะของ Priming devices	3
รูปที่ 2.1 แสดง flow rate และ Head ที่เกิดขึ้นที่ Water jet pump	4
รูปที่ 2.2 มาตรฐานแบบระบายโดยวิธีวัดผลต่างของระดับของไหล	6
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของPaddle-Wheel Flow Sensor	8
รูปที่ 2.4 แสดงภาพของ flow meter	9
รูปที่ 2.5 K-factor Curve	9
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของชุด ejector	10
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการออกแบบของชุด ejector	10
รูปที่ 3.3 รูปการออกแบบของชุดทดลอง	11
รูปที่ 3.4 แสดงชุดทดลอง water jet pump แบบสมบูรณ์	12
รูปที่ 3.5 แสดงการ calibrate orifice	14
รูปที่ 3.6 แสดงการ calibrate flow meter	14
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0 โคลน 0%	31
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0 โคลน 20%	31
รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0 โคลน 30%	31
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0 โคลน 50%	32
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 0%	32
รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 20%	32
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 30%	33
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 50%	33
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 0%	33
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 20%	34
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 30%	34
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 50%	34
รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=2 โคลน 0%	35
รูปที่ 3.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=2 โคลน 20%	35

รูปที่ 3.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=0$	49
รูปที่ 3.56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=0.5$	49
รูปที่ 3.57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=1$	50
รูปที่ 3.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=2$	50
รูปที่ 3.59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0$	51
รูปที่ 3.60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$	51
รูปที่ 3.61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=1$	52
รูปที่ 3.62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=2$	52
รูปที่ 3.63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=0$	53
รูปที่ 3.64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$	53
รูปที่ 3.65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=1$	54
รูปที่ 3.66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=2$	54



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำปั๊มแบบหัวฉีดหรือที่เรียกว่าแบบเจ็ทปั๊มไปประยุกต์ใช้งานในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เป็นเพราะเจ็ทปั๊มมีโครงสร้างที่เรียบง่ายไม่มีส่วนใดที่เคลื่อนที่หรือหมุน ในขณะที่ใช้งาน เจ็ทปั๊มมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญของ 3 ส่วนคือ 1. หัวฉีด (Nozzle) 2. ห้องผสม (Mixing Chamber) 3. ท่อลดความเร็ว (Diffuser) การทำงานของเจ็ทปั๊มใช้หลักการจลศาสตร์ของของไหล โดยให้ของไหลที่มีความดันสูง (Motive Fluid) ไหลผ่านหัวฉีดด้วยความเร็วสูง ผลของความเร็วสูงจะทำให้เกิดความดันต่ำในช่องทางเข้าของห้องผสมจึงเป็นเหตุให้ของไหลที่ช่องทางดูด (Suction Fluid) ถูกดูดเข้ามาในห้องผสม แล้วจะเกิดโมเมนตัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยระหว่างความเร็วของของไหลจากหัวฉีดและความเร็วของของไหลจากช่องทางดูด โดยความเร็วจะลดลงในส่วนของท่อขยาย (Diffuser) และเปลี่ยนเป็นความดันผลักให้ของไหลไหลออกจากท่อส่ง ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเจ็ทปั๊มดังแสดงในรูปที่ 1.1

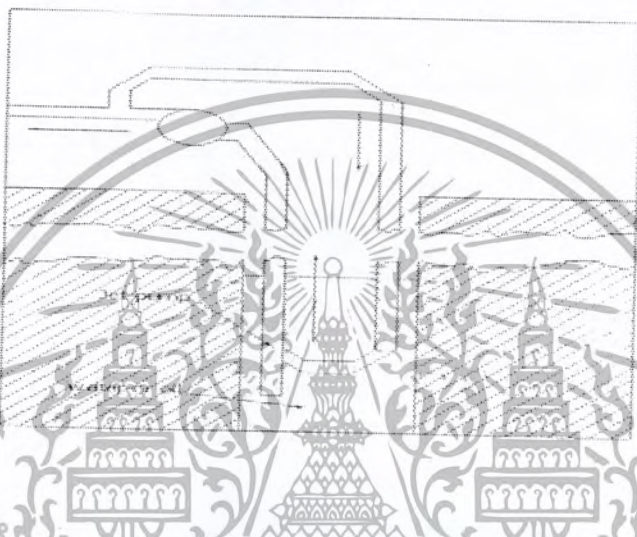


รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของปั๊มน้ำแบบหัวฉีด

ปั๊มแบบหัวฉีดอาจแบ่งตามองค์ประกอบของของไหล จากหัวฉีดและของไหลจากช่องทางดูด คือของไหลจากหัวฉีด (Motive Fluid) อาจใช้ ก๊าซ หรือของเหลวก็ได้ ส่วนของไหลจากช่องทางดูด (Suction Fluid) ก็อาจเป็นของเหลวหรือก๊าซได้เช่นกัน ปั๊มแบบหัวฉีดที่มีชื่อเรียกต่าง ๆ มากมายตามการประยุกต์ในการใช้งาน เช่น อินเจ็กเตอร์ เป็นตัวอย่างของปั๊มแบบหัวฉีด ที่ใช้ในการส่งน้ำไปยังหม้อน้ำ (Steam Boiler) ของไหลที่ใช้ฉีดออกจากหัวฉีดจะเป็นไอน้ำจากหม้อน้ำ โดยที่ด้านจ่ายจะมีความดันสูง, อีเจ็กเตอร์ จะตรงข้ามกับ อินเจ็กเตอร์ ความดันที่ด้านจ่ายจะมีค่าอยู่ระหว่างความดันที่ด้านดูดกับหัวฉีด, อีดีคเตอร์ เป็นปั๊มของเหลวที่ใช้ของเหลวผ่านหัวฉีด, Water-jet head exchanger มีลักษณะเช่นเดียวกับ Steam Injector โดยจะมีการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ, Jet Compressors ใช้เพิ่มความดันให้แก่ก๊าซโดยผ่านหัวฉีด

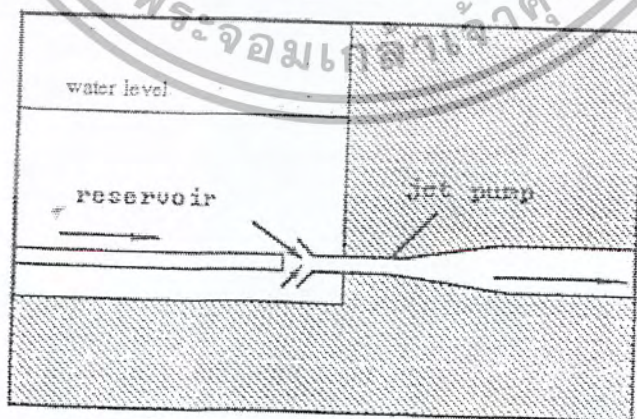
ตัวอย่างการประยุกต์การใช้งาน

1. Deep-well pumping ปิ่มีที่อระดับของเหลวอยู่ลึกๆ เมื่อของเหลวที่เป็นน้ำหรือน้ำมัน จะต้องถูกดูดขึ้นมาจากระดับที่อยู่ลึกมากๆ ความยาวของท่อดูดยาวมากจนความดันที่ทางดูดมีค่าต่ำเท่ากับความดันไอสมบูรณ์ของของเหลว ซึ่งมีผลอย่างมากเมื่อใช้ปั้มน้ำแบบปั้มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) จึงมีการใช้ปั้มน้ำแบบหัวฉีดร่วมด้วย



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของ Deep-well pumping

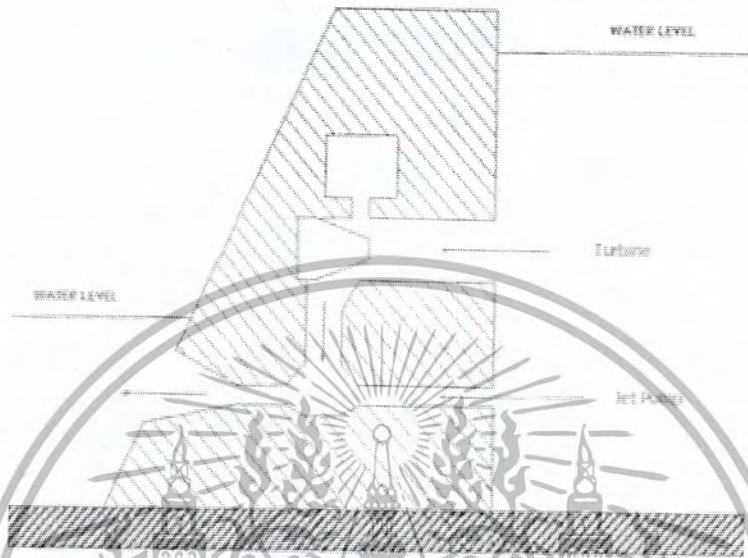
2. Booster pumping สามารถใช้เพิ่มความดันให้กับระบบในท่อ ที่กักเก็บจะมีความดันสูงพอที่จะเป็นของไหลฉีดผ่านหัวฉีดโดยจะมีปั้มน้ำแบบหัวฉีดติดตั้งที่ด้านจ่ายออกของอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ 1.3 แสดงลักษณะของ Booster pumping

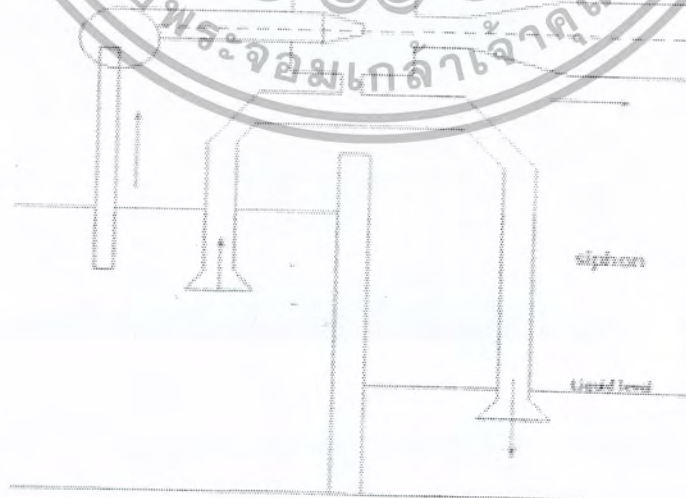
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Tail-water suppressor ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อน เมื่อระดับน้ำปลายทางมีระดับสูงขึ้น จะทำให้ความแตกต่างระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำลดลงจึงใช้ปั๊มน้ำแบบหัวฉีดเพิ่มอัตราการไหลให้สูงขึ้น



รูปที่ 1.4 แสดงลักษณะของ Tail-water suppressions

4. Priming devices ใช้ในการขนส่งของเหลวจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยอาศัยหลักการแบบกาลักน้ำ และไม่ต้องอาศัยไฟฟ้าแล้ว



รูปที่ 1.5 แสดงลักษณะของ Priming devices

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีการคำนวณประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม

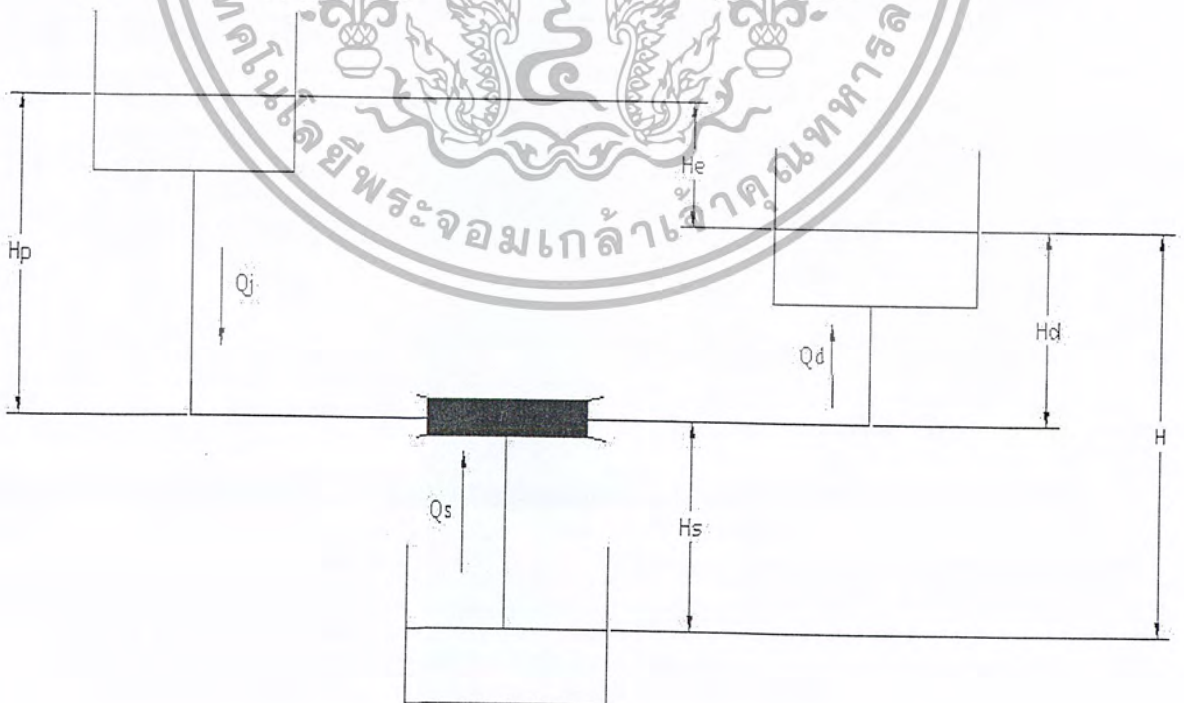
การออกแบบเจ็ทปั๊มจะต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะ เช่น ขนาดและรูปร่างของหัวฉีด อัตราส่วนพื้นที่ของหัวฉีดกับพื้นที่ทางช่องดูด (d/D) ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับห้องผสม (I) ตลอดจนค่าความเสียดทานต่างๆ เนื้อหาในบทนี้ได้แสดงการคำนวณประสิทธิภาพ, เฮด และอัตราการไหล โดยการวิเคราะห์จากสมการพลังงาน คำนวณผล เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพกับอัตราการไหล และประสิทธิภาพกับค่าเฮด โดยการเปลี่ยนแปลงระยะระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เพื่อหาค่าระยะระหว่างหัวฉีดต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสมที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด

2.1 ประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊ม

การวิเคราะห์หาสมรรถนะของเจ็ทปั๊ม โดยใช้สมการพลังงาน

$$\eta = \frac{\gamma_w}{\gamma_m} \cdot \frac{Q_s H}{Q_j H_e} \quad (2.1)$$

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_j} \cdot \frac{H}{H_e} = \frac{Q_s}{Q_j} \cdot \frac{H_d - H_s}{H_p - H_d} \quad (2.2)$$



การวิเคราะห์เฮดของเจ็ทปั้ม

ในการคำนวณหาค่าสมรรถนะของเจ็ทปั้มจะต้องมีการวิเคราะห์หาค่าเฮดต่าง ๆ ของเจ็ทปั้มเสียก่อน
ค่า เฮด ของเจ็ทปั้มดังแสดงในรูปที่ 2.1 จากรูปสามารถหาค่าเฮดได้จาก

$$H = H_d - H_s \quad (2.3)$$

$$H_e = H_p - H_d \quad (2.4)$$

และสามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ ของเจ็ทปั้มได้จากสมการ

$$\eta = \frac{\gamma_{ms} \cdot Q_s \cdot H}{\gamma_w \cdot Q_j \cdot H_e} \quad (2.5)$$

สัญลักษณ์ตัวแปร (Nomenclature) ในการคำนวณจะใช้สัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

Q_j : อัตราการไหลที่ออกจากปั้ม	Q_s : อัตราการไหลที่ได้จากด้านดูด
Q_d : อัตราการไหลรวม	H : เฮดรวม
H_e : เฮดที่ฟเฮด	H_d : เฮดด้านออก
H_p : เฮดของปั้ม	H_s : เฮดด้านดูด
γ_{ms} : น้ำหนักจำเพาะของของผสม	γ_w : น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

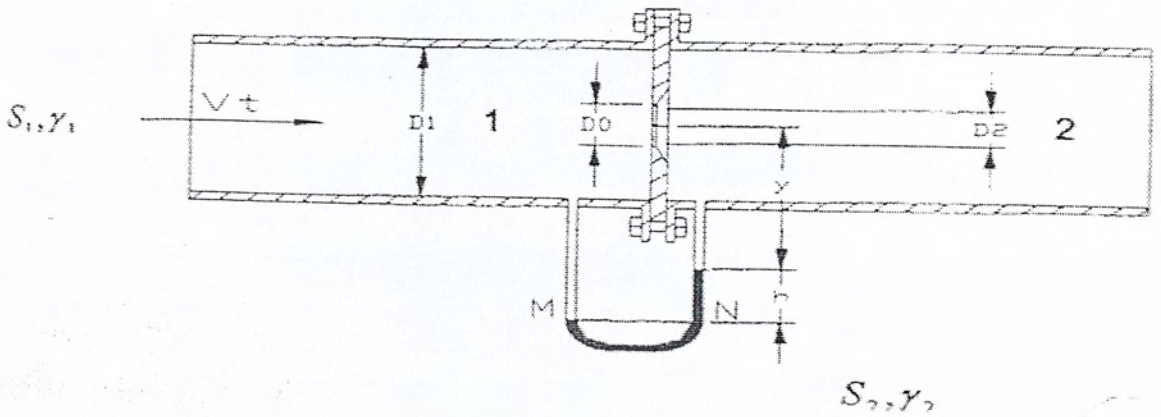
2.2 การวัดอัตราการไหลออกจากหัวฉีด

การวัดสามารถวัดออกมาในรูปอัตราการไหลของส่วนผสม (Q) จากนั้นนำมาหาอัตราการความเร็ว
ของส่วนผสมภายในท่อ (U_m) จากสมการ

$$U_m = \frac{Q}{A} \quad (2.6)$$

โดยการใช้ ออร์ิฟิซ (Orifice) ในการวัด (การวัดการไหลของ Orifice) / (flow rate measuring by Orifice meter)

1. วัดดูประสงค์เพื่อศึกษา การใช้ ออร์ิฟิซ วัดอัตราการไหลของของเหลวในท่อ
2. ทฤษฎี ออร์ิฟิซมิเตอร์ ประกอบด้วยแผ่นโลหะที่มีรูกลม ซึ่งมีขอบคมอยู่ตรงการกั้นขวางทิศทางการไหลของของเหลวในท่อ โดยแนวที่ผ่านจุดศูนย์กลางท่อจะผ่านจุดศูนย์กลางของรูระบายพอดี ซึ่งการหาอัตราการไหลของของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะ S1 และน้ำหนักจำเพาะ γ_1 สามารถหาได้จากการอ่านผลต่างของระดับของไหล h ที่มีความถ่วงจำเพาะในหลอดแก้ววามโนมิเตอร์



รูปที่ 2.2 มาตรวัดแบบระบายโดยวิธีวัดผลต่างของระดับของไหล

สมการพลังงานระหว่างจุด (1) และจุด (2) คือ

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \tag{2.7}$$

เนื่องจาก $Z_1 = Z_2$ เพราะระดับต่างกันน้อยมาก

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma_1} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \tag{2.8}$$

สมการไหลต่อเนื่องระหว่างหน้าตัด (1) และหน้าตัด (2) คือ

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \tag{2.9}$$

แต่ $A_2 < A_0$ หรือ

$$A_2 = C_c A_0 \tag{2.10}$$

เมื่อ C_c คือสัมประสิทธิ์การหดตัว

แทนค่าจากสมการที่ 2.10 ในสมการที่ 2.9 จะได้

ความเร็ว
$$V_1 = \frac{C_c A_0 V_2}{A_1} \tag{2.11}$$

แทนค่า A_1 จากสมการที่ 2.11 ในสมการที่ 2.8 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma_1} = \left[1 - \left[C \frac{A_0}{A_1} \right]^2 \right] \frac{V_2^2}{2g} \quad (2.12)$$

จากหลักการในมาโนมิเตอร์ ความดันที่จุด M = ความดันที่จุด N

$$\text{หรือ} \quad P_1 + \gamma_1(y+h) = P_2 + \gamma_1 y + \gamma_2 h \quad (2.13)$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma_1} = \left[\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right] h \quad (2.14)$$

สมการที่ 2.12 เท่ากับสมการที่ 2.13 จะได้

$$V_2 = \frac{\sqrt{2g \left[\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right] h}}{\sqrt{1 - \left(C_c \frac{A_0}{A_1} \right)^2}} \quad (2.15)$$

สมการที่ 2.15 คือสมการที่ได้ตามทฤษฎี แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว จะมีการสูญเสียพลังงาน ในขณะที่มีการไหลผ่านมาตรวัดระยะบาย ดังนั้น ความเร็วจริงจึงจะน้อยกว่าความเร็วตามทฤษฎี คือ

$$V_{2r} = C_v V_2 \quad (2.16)$$

เมื่อ V_{2r} คือความเร็วจริง และ C_v คือสัมประสิทธิ์ความเร็ว

ที่หน้าตัด (2) มีอัตราการไหล

$$Q = A_2 V_{2r}$$

$$Q = (C_c A_0)(C_v V_2) \quad (2.17)$$

แทนค่า V_2 จากสมการที่ 2.15 ในสมการที่ 2.17 จะได้

$$Q = \frac{C_c C_v A_0 \sqrt{2g \left[\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right] h}}{\sqrt{1 - \left(C_c \frac{A_0}{A_1} \right)^2}} \quad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = \frac{C_d A_0 \sqrt{2g \left[\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right] h}}{\sqrt{1 - \left(C_c \frac{A_0}{A_1} \right)}} \quad (2.19)$$

โดยที่ C_d คือ สัมประสิทธิ์การไหล มีค่าเท่ากับ $C_c C_v$

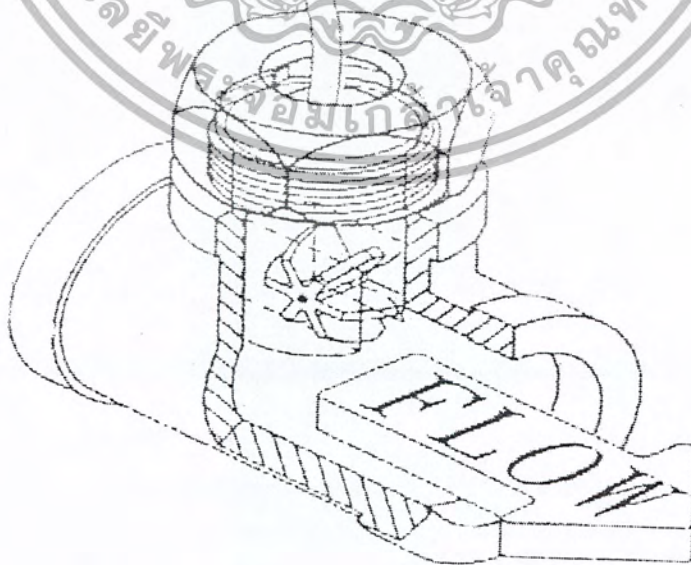
จากสมการที่ 2.19 จะเห็นได้ว่ามี สัมประสิทธิ์การไหล C_d และสัมประสิทธิ์การหดตัว C_c เป็นค่าที่หาได้ยาก ดังนั้น ถ้าขุมทอมใหม่เป็นสมการที่ 2.20 จะหาอัตราการไหลได้สะดวกขึ้นกล่าว คือ

$$Q = CA \sqrt{2g \left[\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right] h} \quad (2.20)$$

โดยที่ $C = \frac{C_d}{\sqrt{1 - \left(C_c \frac{A_0}{A_1} \right)^2}}$ คือ สัมประสิทธิ์มาตราวัดแบบบูรณาการ

2.3 การวัดอัตราการไหลของส่วนผสม

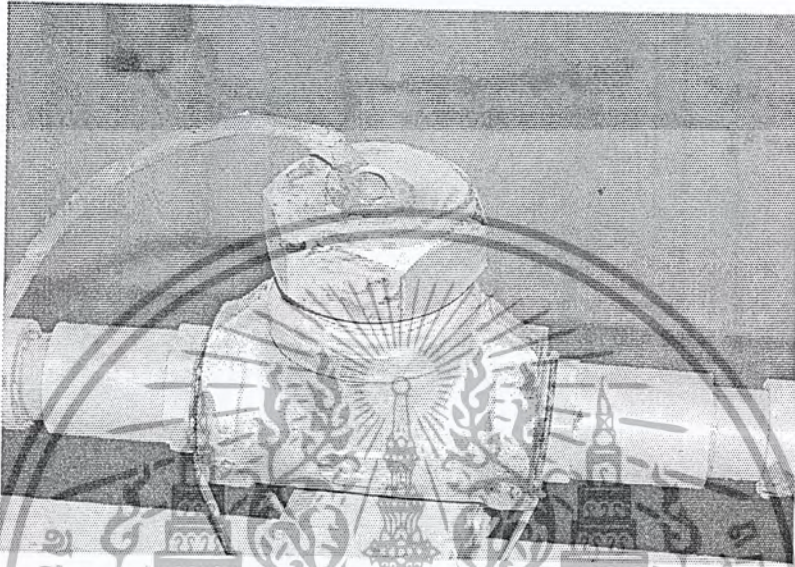
สำหรับงานนี้เราสามารถใช้ Flow meter ชนิด Paddle-Wheel เพราะเป็น Flow meter แบบส่งสัญญาณได้ ซึ่งต้องใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับในการวัดอัตราการไหลของส่วนผสม



รูป 2.3 แสดงโครงสร้างของ Paddle-Wheel Flow Sensor

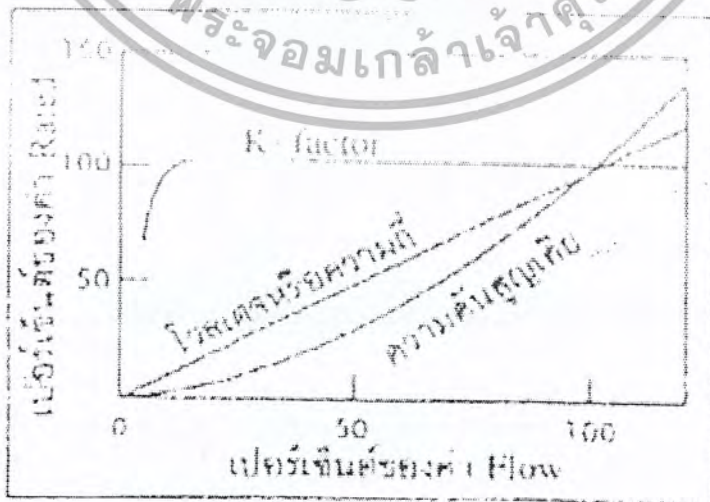
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.3 โครงสร้างของ Paddle-Wheel มีใบพัดตามแนวทิศทางการไหลขณะที่ของไหล ไหลผ่านจะทำให้ใบพัดหมุนไปตามอัตราการไหล ที่ตัว Housing มี Pick off coil เป็นตัวรับรู้ความเร็วรอบของใบพัด เมื่อใบพัดหมุนผ่าน Pick off coil ที่อยู่บนแท่งแม่เหล็กถาวร จะเกิดสัญญาณ Pulse ขึ้น โดยใช้สัญญาณช่วงบวก เป็นตัวกำหนดค่าความถี่ของ Pulse



รูปที่ 2.4 แสดงภาพของ flow meter

K- Factor เป็นค่าสัมประสิทธิ์ประจำของ Flow Sensor แบบใบพัด มีหน่วยเป็น Pulse/หน่วยปริมาตร โดยบริษัทผู้ผลิตจะกำหนดค่านี้มาด้วยทุกครั้ง โดยปกติ K-factor Curve เมื่อ Plot เทียบกับค่า Flow rate จะเป็นดังรูปที่ 2.4



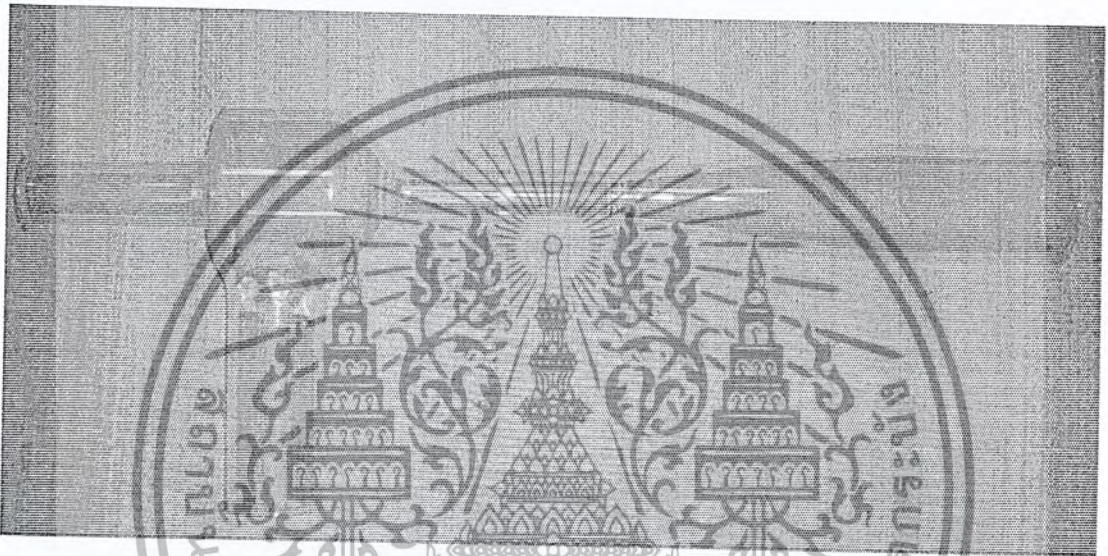
รูป 2.5 K-factor Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

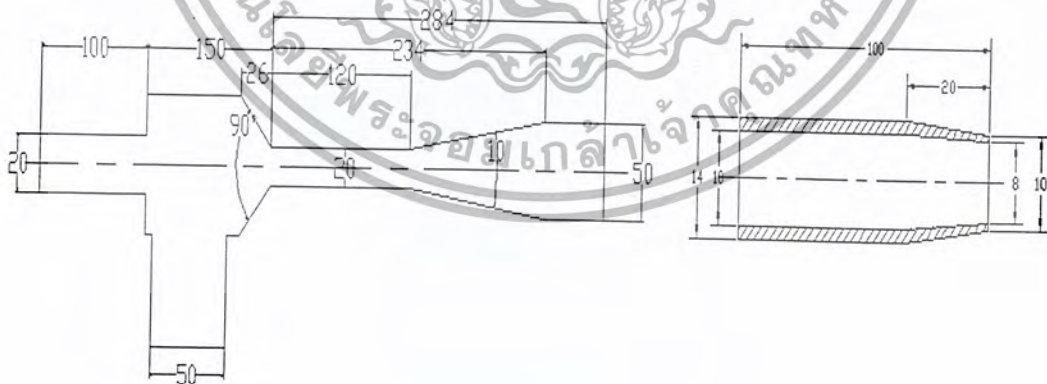
บทที่ 3

การทดลองและผลการทดลอง

ในการสร้างชุดทดลองมีหลักเกณฑ์ในการออกแบบไม่ยุ่งยากมากนัก สิ่งที่ต้องคำนึงเป็นอันดับแรกคือการใช้ช่องอให้น้อยที่สุดเพื่อลดการสูญเสียในท่อ และสิ่งสำคัญในการทดลองนั้นต้องคำนึงถึงการเกิดฟองอากาศซึ่งจะเป็นเหตุให้ป้มนเกิดความเสียหาย ควรเติมน้ำเหนือท่อคูดอย่างน้อยประมาณ 6 นิ้ว และให้ท่อน้ำออกใกล้ผิวน้ำมากที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ

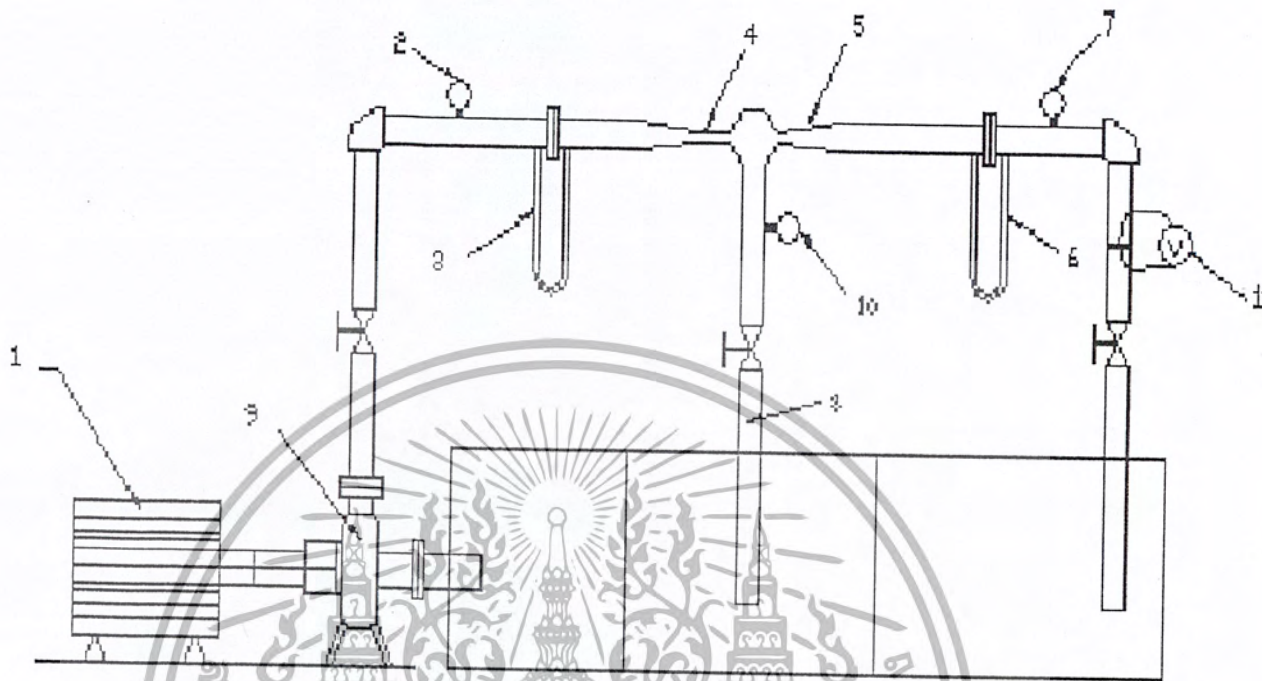


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของชุดอีเจ็คเตอร์



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการออกแบบของชุด อีเจ็คเตอร์ และ หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

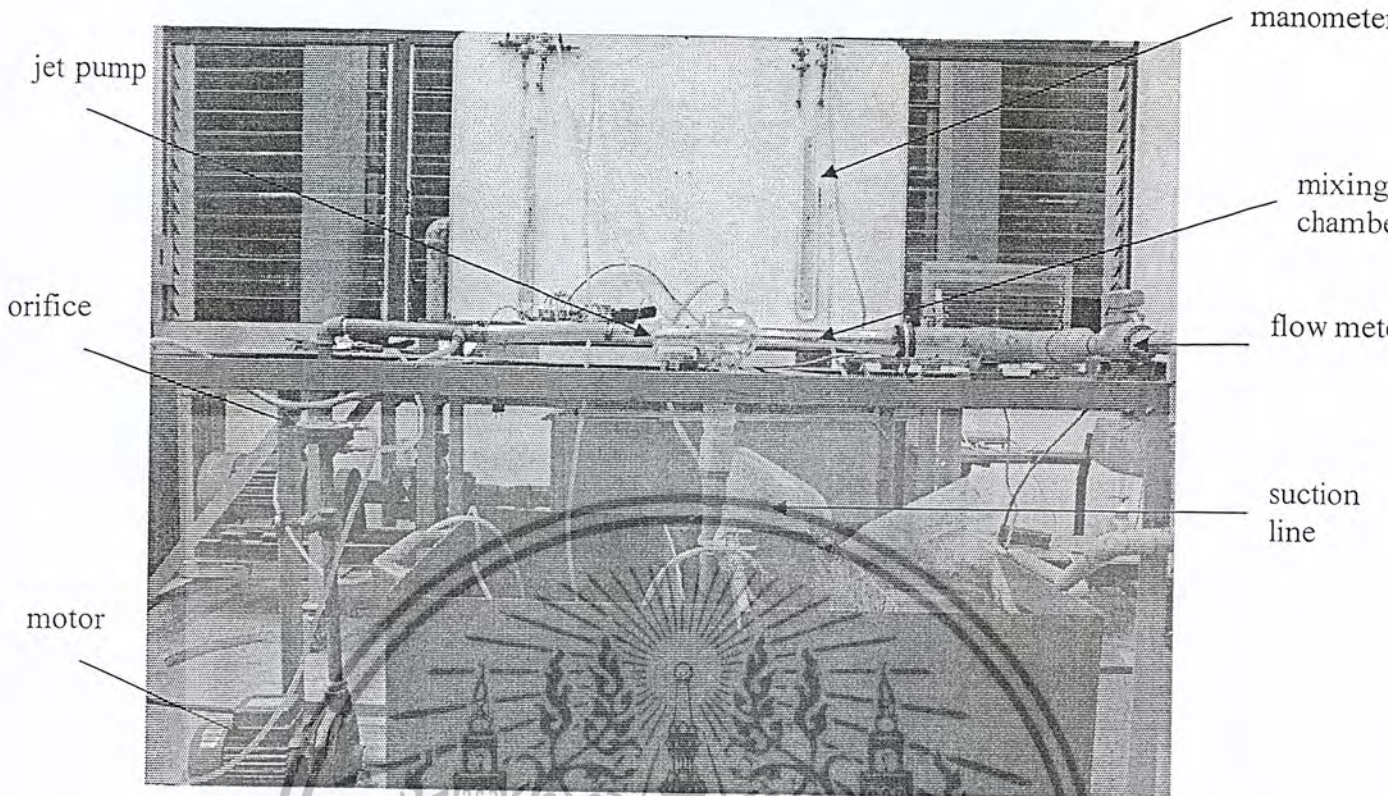


รูปที่ 3.3 รูปการออกแบบของชุดทดลอง

3.1 ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง water jet pump

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Motor | 6. Flow meter |
| 2. Pressure Gauge (Hp) | 7. Manometer |
| 3. Orific and Manometer | 8. Suction line (jet pump) |
| 4. Jet pump | 9. Pump |
| 5. Mixing Chamber | 10. Manometer suction line |
| 11. Flow meter and Volt meter | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงชุดทดสอบ water jet pump แบบสมบูรณ์

3.2 การออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์และส่วนประกอบสำหรับการทดลอง มีดังต่อไปนี้

1. ถังพักน้ำ 1 ใบ ทำจากสแตนเลสหนา 0.8 มม. มีความจุ $0.85 \times 1.2 \times 0.75 \text{ m}^3$ มีท่อ $\phi 3$ นิ้ว ต่อเข้ากับท่อดูดของปั๊มหอยโข่ง
2. อุปกรณ์ข้อต่อ fitting ได้แก่ ข้องอ (standard elbow 90°) ข้อต่อตรงขนาด $\phi 2$ นิ้ว และท่อยางขนาด $\phi 3$ นิ้ว
3. วาล์วปรับแบบเกลียว $\phi 2$ นิ้ว 3 ตัว
4. ชุดปั๊มน้ำ 1 ชุด อัตราการไหล 300 ลิตรต่อนาที
5. ชุดอัตราการไหลประกอบด้วยแผ่นออริฟิซ ขนาด $\phi 2$ นิ้ว 2 ชุด และมานอมิเตอร์ 2 ชุด
6. Pressure gauge 1 ชุด
 1. ชุด water jet pump ประกอบด้วย
 - 1.1 ชุดติดตั้งหัวฉีด
 - 1.2 ชุดห้องดูด
 - 1.3 หัวฉีด 1 หัว $\phi 8, 10, 12$ มม.
 - 1.4 ชุดห้องผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

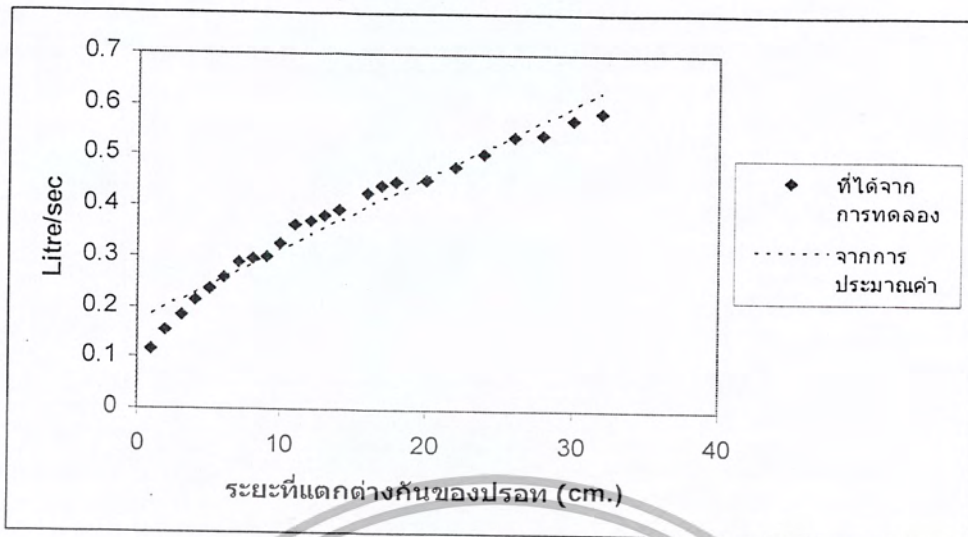
1. ชุดปั๊มน้ำแบบหัวฉีด ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ คือ
 - ก. หัวฉีด (nozzle)
 - ข. ท่อด้านดูด (suction side)
 - ค. ห้องผสมและด้านจ่าย (mixing-chamber & discharge side)
2. ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง
3. เกจวัดความดัน (pressure gauge) จำนวน 1 ตัว
4. วาล์วปรับอัตราการไหล จำนวน 2 ตัว
5. ชุดออร์ฟิตและมาโนมิเตอร์ จำนวน 1 ชุด
6. ชุดมาโนมิเตอร์สำหรับความดันที่ด้านดูด จำนวน 1 ชุด

3.4 วิธีกรทดลอง

1. ในการทดลองจะมีหัวฉีดขนาด 8, 10, 12 มม.
2. ทำการเปิดวาล์ว V1 โดยให้ความดัน P_j เป็น (2 kg/cm^2) เพราะเป็นค่าที่สูงที่สุดที่ปั๊มจะให้ได้และจะได้ค่าประสิทธิภาพที่สูงที่สุด
3. ปรับวาล์วที่ท่อทางดูดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำการอ่านค่า h_1 และ h_2 จากมาโนมิเตอร์ที่ต่อกับทางดูดและทางของห้องผสม แล้วทำการคำนวณไว้ในตารางผลการทดลอง
4. เปลี่ยนระยะหัวฉีดและส่วนผสมของโคลน (20%,30%,50%)จนครบแล้วนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาประสิทธิภาพต่อไป

3.5 การกาลิเบรตออร์ฟิโกซ์

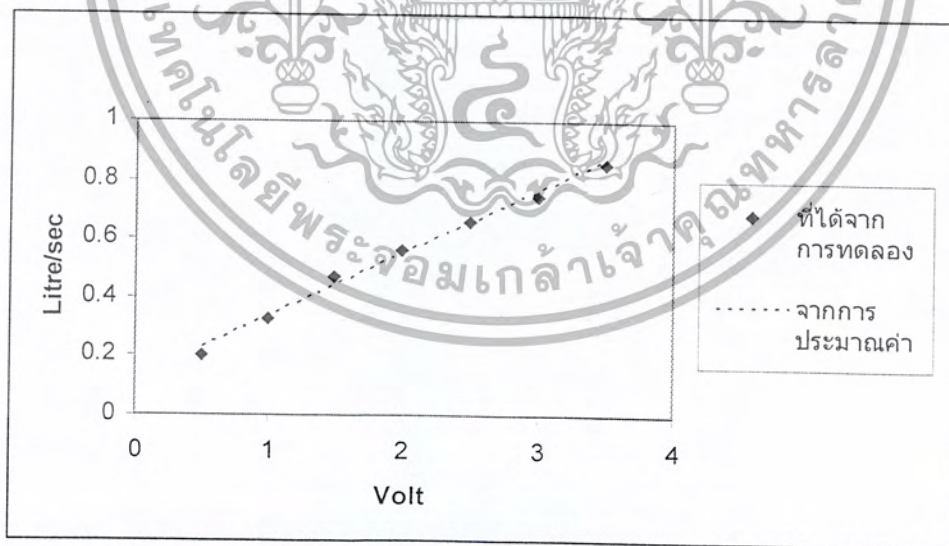
ก่อนทำการเปิดปั๊มควรปิดวาล์วให้สนิทก่อนจากนั้นทำการปรับวาล์วให้มีความดันที่ออกจากปั๊ม 1 psi โดยทำการวัดปริมาณน้ำ 15 ลิตร โดยจับเวลาทุกๆ 1 ลิตร บันทึกค่าความแตกต่างของระดับปรอทใน manometer ทั้ง 2 ด้าน หลังจากบันทึกค่าเสร็จแล้ว ก็ทำการปรับวาล์วไปที่ 2 psi อ่านค่าและบันทึกค่าทำไปเรื่อยๆจนถึง 17 psi จากนั้นนำค่าต่างๆมาพล็อตกราฟ



รูปที่ 3.5 แสดงการ Calibrate orifice

3.6 การกาติเบรตเครื่องวัดอัตราการไหล

ก่อนทำการเปิดปั๊มปิดวาล์วให้สนิทก่อนแล้วทำการปรับวาล์วให้ โวลต์ ที่ เครื่องวัดโวลต์ ที่ต่อจากเครื่องวัดอัตราการไหล โดยเริ่มจาก 0.5 Volt โดยทำการวัดปริมาณน้ำ 15 ลิตร โดยจับเวลาน้ำทุกๆ 1 ลิตร บันทึกค่า โวลต์ปรับวาล์วโดยให้ค่า โวลต์ มีค่าเป็น 1 โวลต์ ทำไปเรื่อยๆจนถึง 4 โวลต์ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ



รูปที่ 3.6 แสดงการ Calibrate flow meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 0$ Mud 0%

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.82	12.218
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.72	15.912
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.58	17.516
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.49	18.228
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.44	19.404
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.333	20.0133
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.27	19.467
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.23	18.492
9	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.18	17.55

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 0$ Mud 20 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.71	10.579
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.58	12.818
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.49	14.798
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.44	16.368
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.41	18.081
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.3	18.03
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.24	17.304
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.21	16.884
9	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.156	15.21

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 0$ Mud 30 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.67	10.043
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.558	12.332
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.465	14.043
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.414	15.401
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.378	16.67
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.27	16.227
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.21	15.141
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.168	13.507

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 0$ Mud 50 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.615	9.1635
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.45	9.945
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.4	12.08
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.356	13.243
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.34	14.994
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.243	14.6043
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.191	13.7711

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. 1/D = 0.5 Mud 0%

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.83	12.367
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.69	15.249
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.59	17.818
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.535	19.902
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.47	20.727
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.36	21.636
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.29	20.909
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.257	20.663
9	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.19	18.525

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. l/D = 0.5 Mud 20 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.812	12.1
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.647	14.299
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.532	16.066
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.481	17.893
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.442	19.492
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.32	19.232
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.259	18.674
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.215	17.286
9	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.1492	14.547

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 0.5$ Mud 30 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.806	12.009
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.645	14.254
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.515	15.553
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.44	16.368
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.38	16.758
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.285	17.128
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.22	15.862
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.168	13.507

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. l/D = 0.5 Mud 50 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.63	9.387
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.52	11.492
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.41	12.382
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.37	13.764
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.34	14.994
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.25	15.025
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.19	13.669

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 1$ Mud 0%

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.56	12.376
2	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.45	13.59
3	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.445	16.554
4	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.42	18.522
5	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.317	19.052
6	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.26	18.746
7	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.215	17.286
8	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.17	16.575

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 1$ Mud 20 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.493	10.895
2	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.409	12.352
3	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.4	14.88
4	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.36	15.876
5	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.26	15.626
6	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.2	14.42
7	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.174	13.99
8	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.133	12.97

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. l/D = 1 Mud 30%

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.576	8.582
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.447	9.88
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.383	11.567
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.372	13.838
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.338	14.906
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.2424	14.568
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.184	13.266
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.153	12.301

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. l/D = 1 Mud 50 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.56	8.344
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.412	9.105
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.35	10.57
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.322	11.978
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.284	12.524
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.21	12.621
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.154	11.103

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $1/D = 2$ Mud 0%

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.6037	8.995
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.5363	11.852
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.4486	13.548
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.43	15.996
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.3821	16.851
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.2869	17.243
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.2351	16.951
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.1847	14.85
9	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.1236	12.05

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 2$ Mud 20 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.582	8.672
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.476	10.52
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.386	11.657
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.346	12.87
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.314	13.85
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.224	13.46
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.175	12.62
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.137	11.015
9	130	2.32	0.38	0.37	0.75	0.975	0.1014	9.887

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $l/D = 2$ Mud 30 %

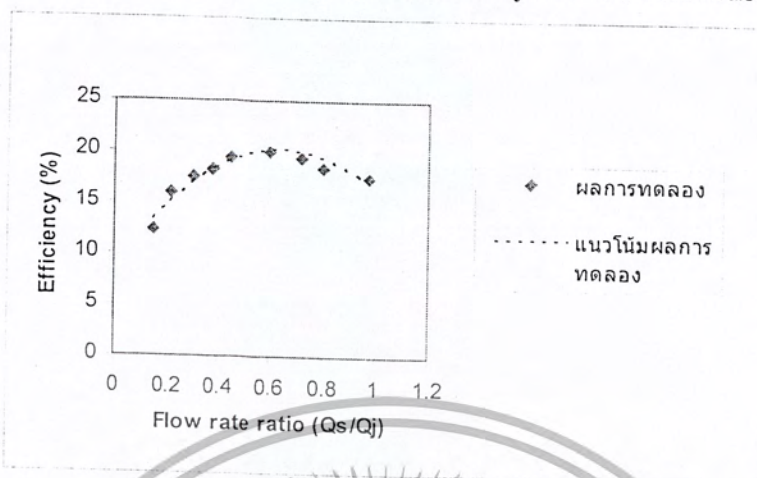
No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.5368	7.998
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.4463	9.863
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.3491	10.543
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.3166	11.78
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.2822	12.445
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.2	12.02
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.1526	11.002
8	130	2.25	0.38	0.306	0.686	0.804	0.1134	9.12

Laboratory Result

Diameter of nozzle = 8 mm. $1/D = 2$ Mud 50 %

No.	Manometer	Voltmeter	Flow rate			Flow Rate Ratio	Head Ratio	Efficiency
	h1(mm)	Volt	Qj (L/s)	Qs (L/s)	Qd (L/s)	(Qs/Qj)	(Hd-Hs)/(Hp-Hd)	$Qs(Hd-Hs)/Qj(Hp-Hd)$
1	130	1.03	0.38	0.057	0.437	0.149	0.485	7.23
2	130	1.1	0.38	0.084	0.464	0.221	0.4	8.84
3	130	1.25	0.38	0.115	0.495	0.302	0.32	9.664
4	130	1.32	0.38	0.141	0.521	0.372	0.27	10.044
5	130	1.4	0.38	0.168	0.548	0.441	0.245	10.8
6	130	1.72	0.38	0.228	0.608	0.601	0.17	10.217
7	130	2	0.38	0.274	0.654	0.721	0.12	8.65

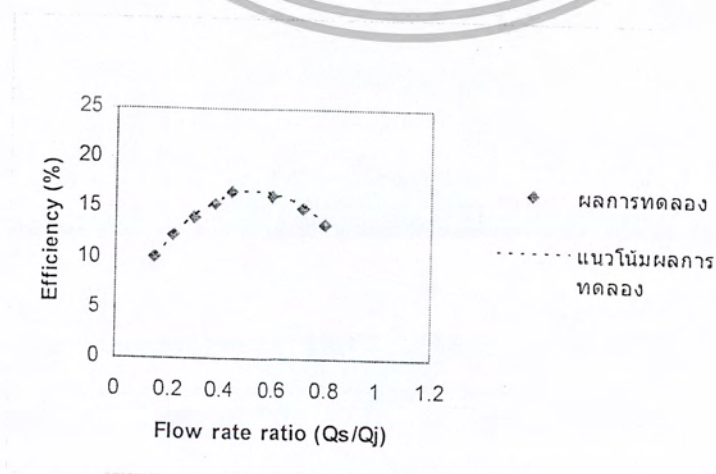
กราฟแสดงผลการทดลองระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $1/D=0$ โคลน 0%

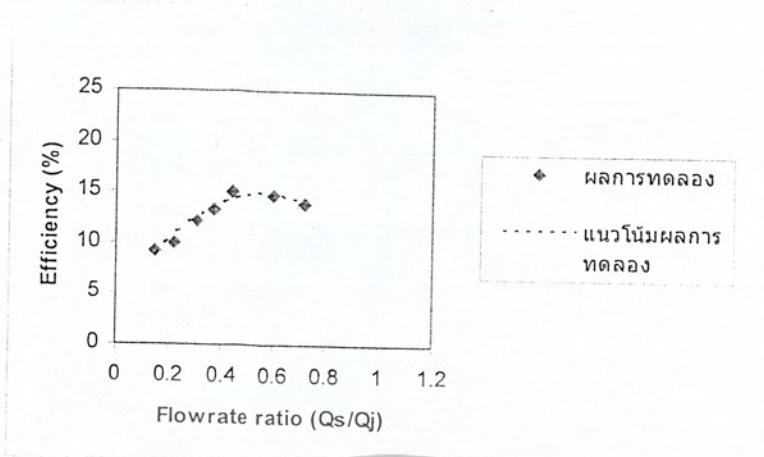


รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $1/D=0$ โคลน 20%

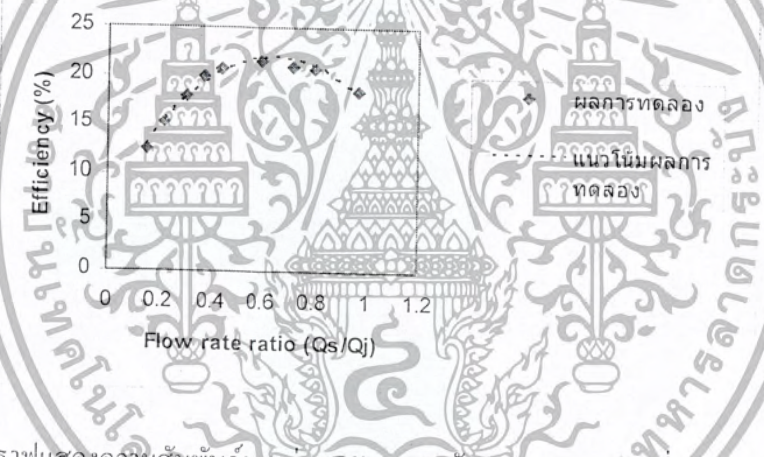
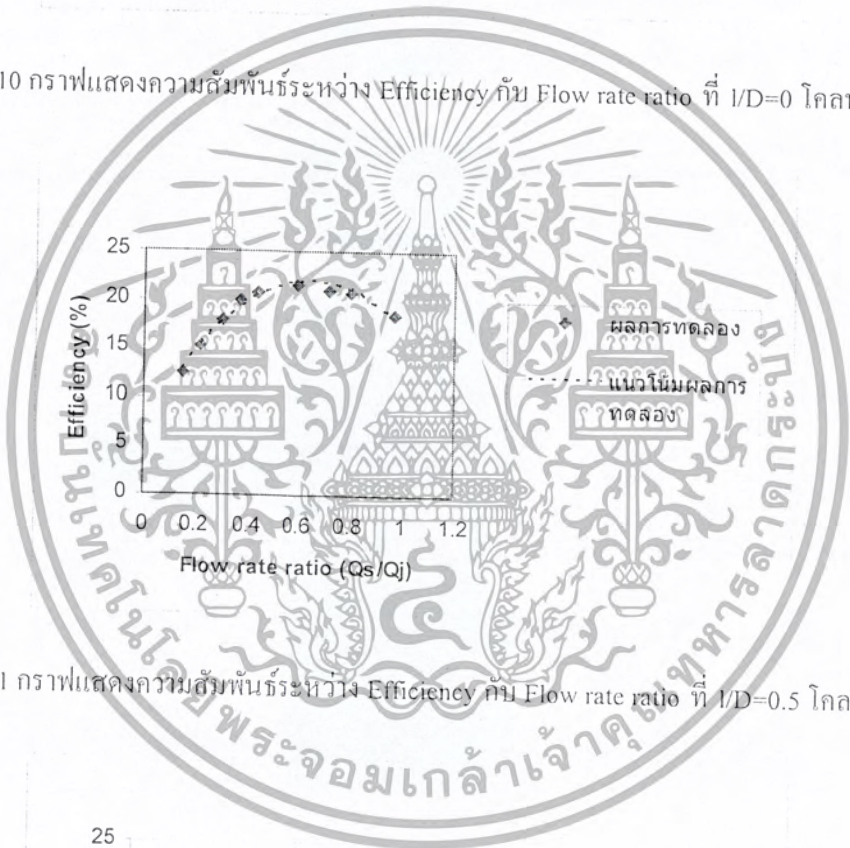


รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $1/D=0$ โคลน 30%

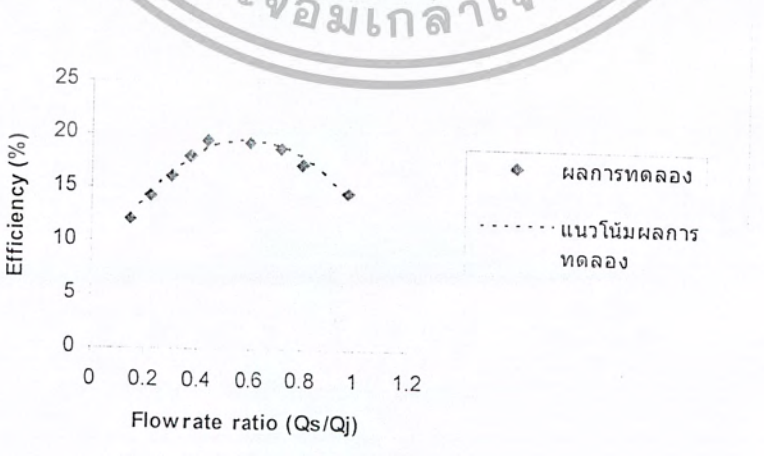
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0 โคลน 50%

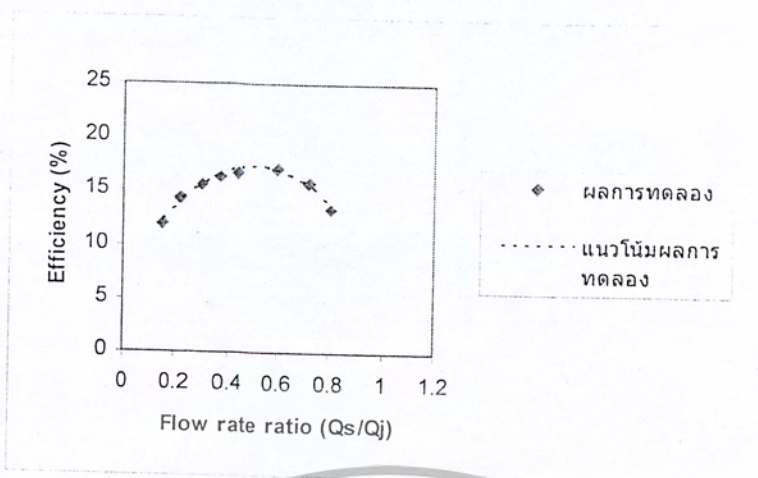


รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 0%



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flowrate ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 20%

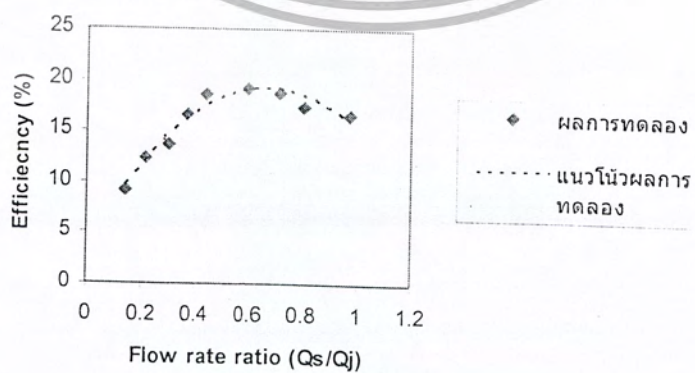
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=0.5$ โคลน 30%

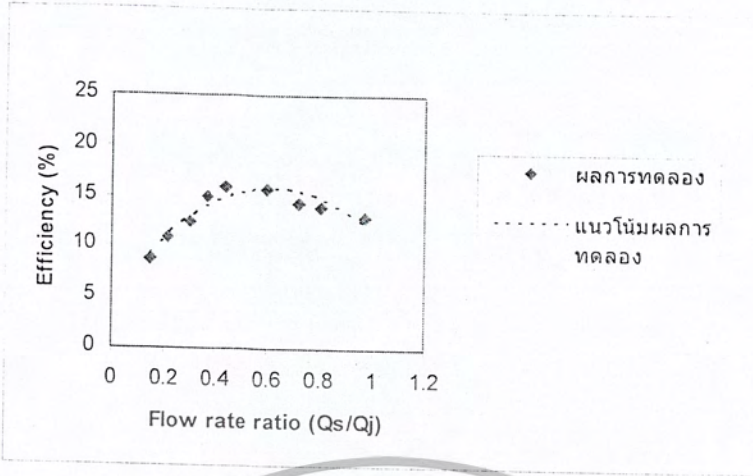


รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=0.5$ โคลน 50%



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=1$ โคลน 0%

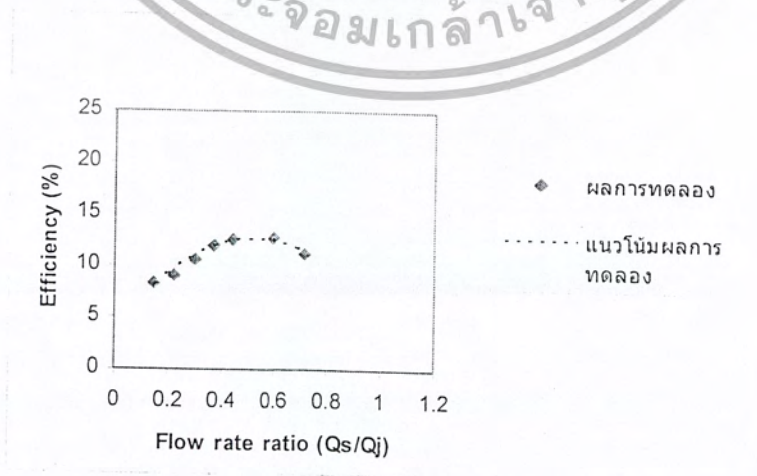
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 20%

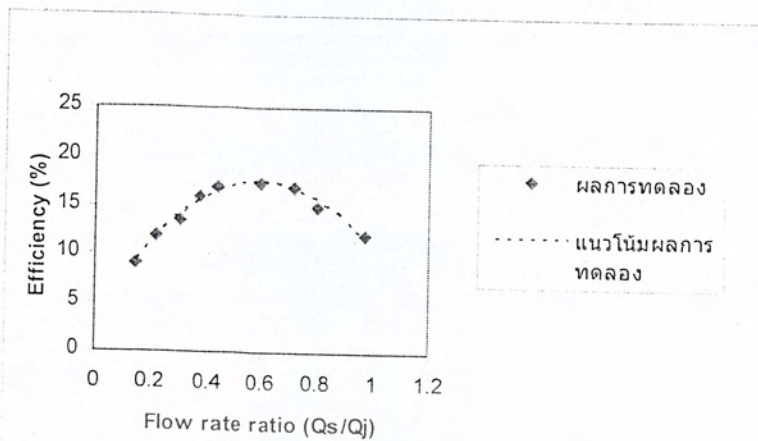


รูปที่ 3.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 30%



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=1 โคลน 50%

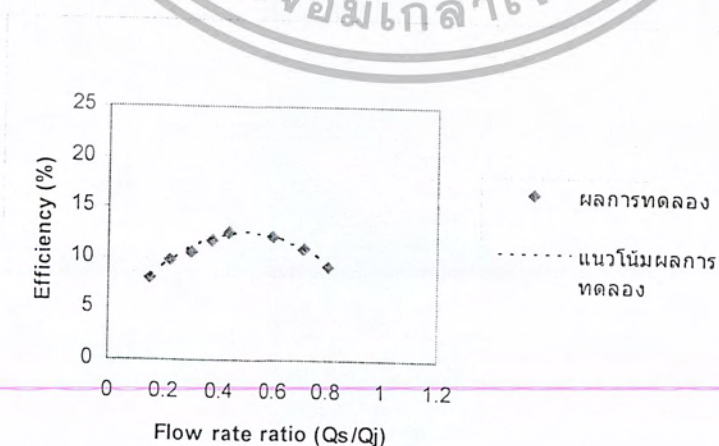
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 0%

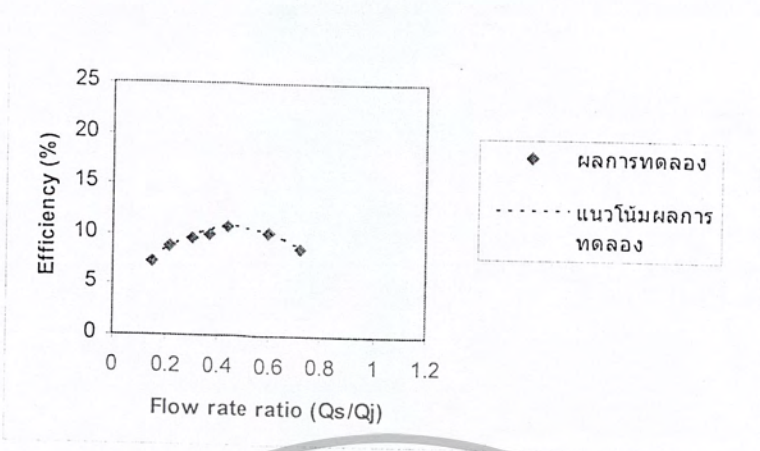


รูปที่ 3.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 20%



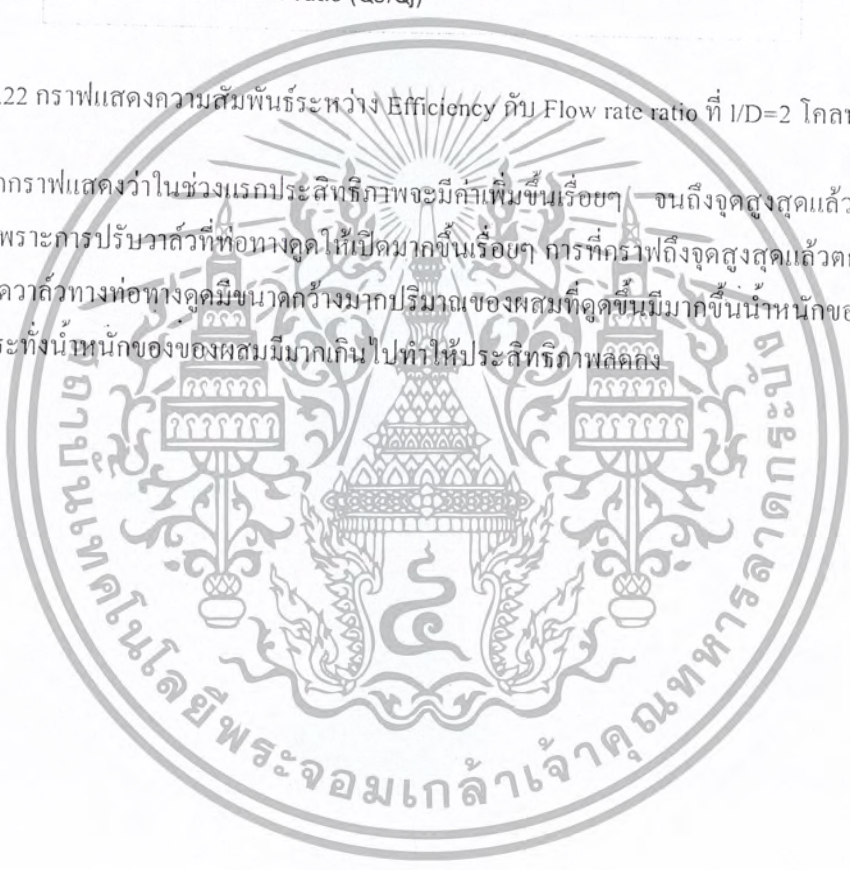
รูปที่ 3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

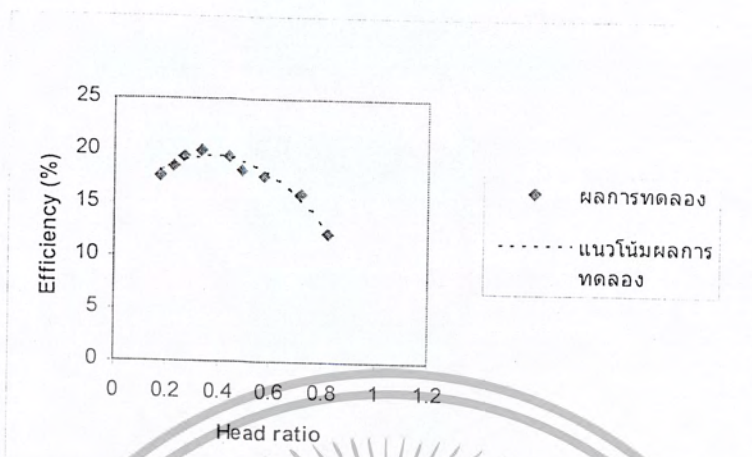


รูปที่ 3.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $l/D=2$ โคลน 50%

จากกราฟแสดงว่าในช่วงแรกประสิทธิภาพจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดแล้วจะตกลงมาที่เป็นเช่นนี้เพราะการปรับวาล์วที่ท่อทางดูดให้เปิดมากขึ้นเรื่อยๆ การที่กราฟถึงจุดสูงสุดแล้วตกลงนั้นเป็นเพราะเมื่อเปิดวาล์วทางท่อทางดูดมีขนาดกว้างมากปริมาณของผสมที่ดูดขึ้นมีมากขึ้นน้ำหนักของของผสมเพิ่มขึ้นจนกระทั่งน้ำหนักของของผสมมีมากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพลดลง



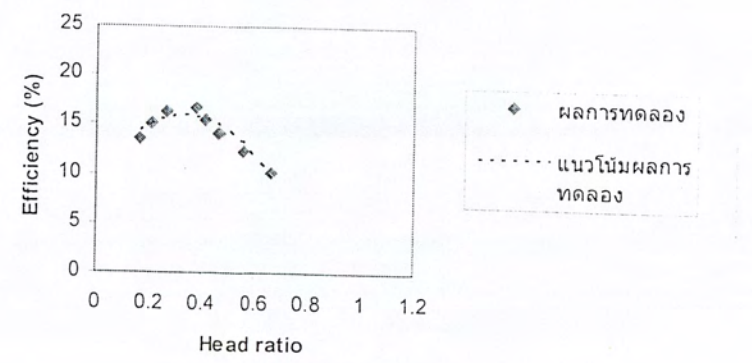
กราฟแสดงผลการทดลองระหว่าง Efficiency กับ Head ratio



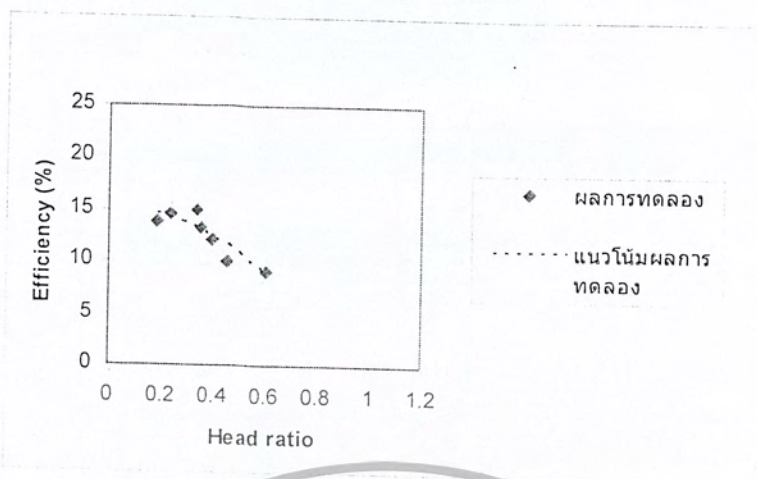
รูปที่ 3.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 0%



รูปที่ 3.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 20%



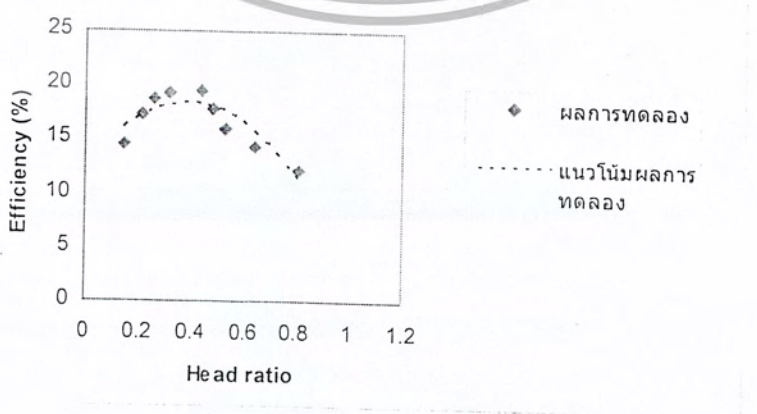
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 30% ที่มีการนำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0$ โคลน 50%

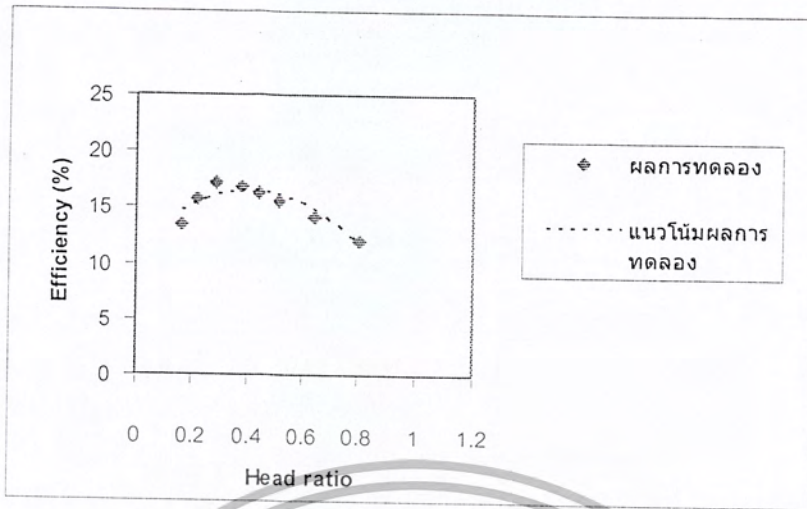


รูปที่ 3.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$ โคลน 0%

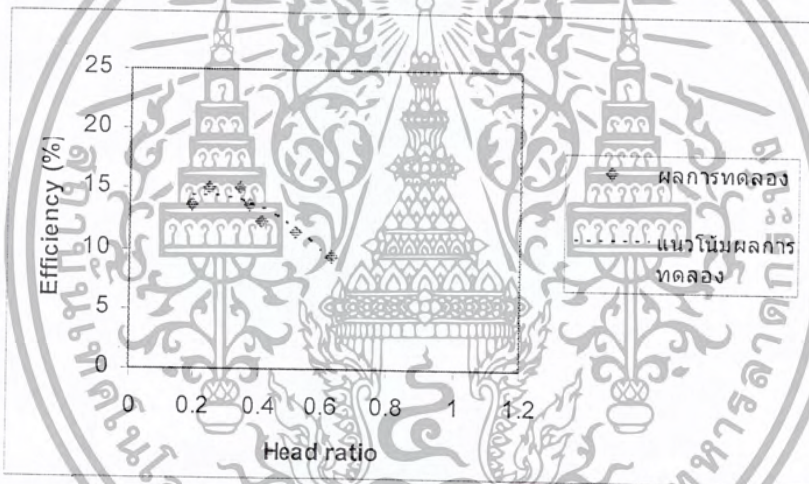


รูปที่ 3.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$ โคลน 20%

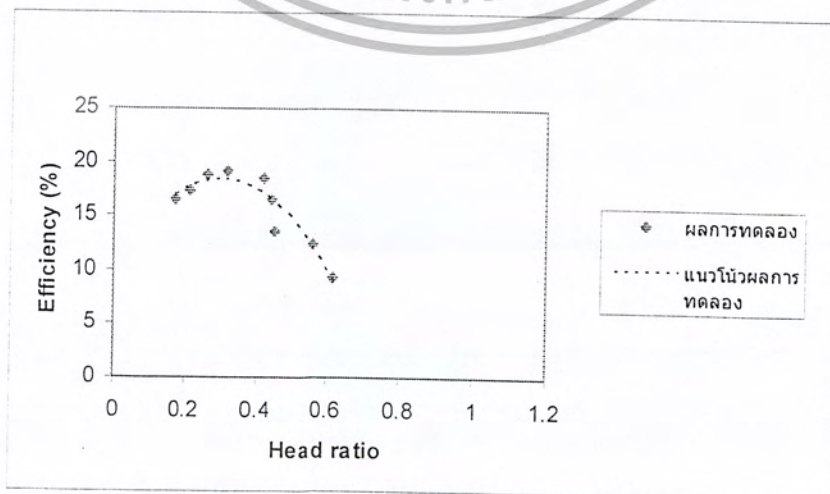
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



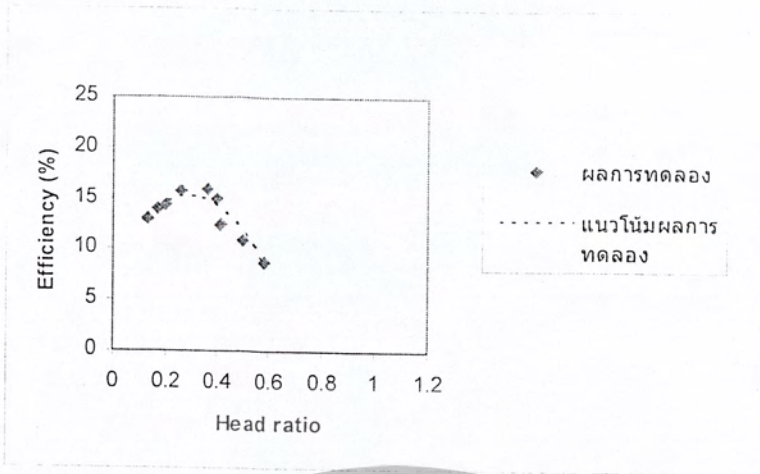
รูปที่ 3.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 30%



รูปที่ 3.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 50%



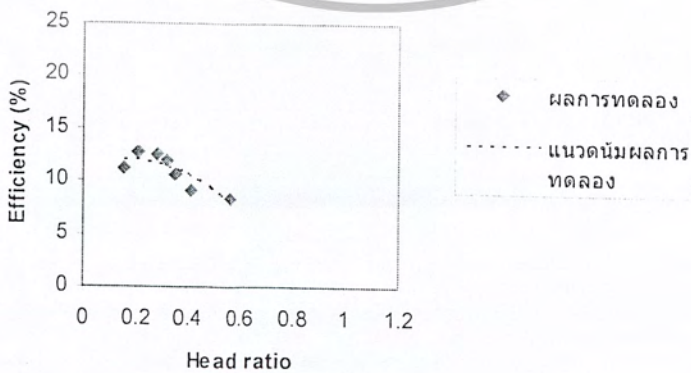
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=1 โคลน 0%
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=1 โคลน 20%

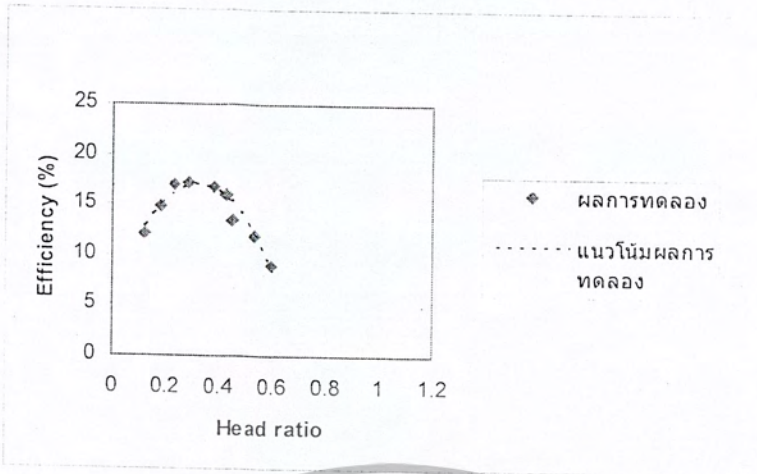


รูปที่ 3.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=1 โคลน 30%



รูปที่ 3.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ I/D=1 โคลน 50%

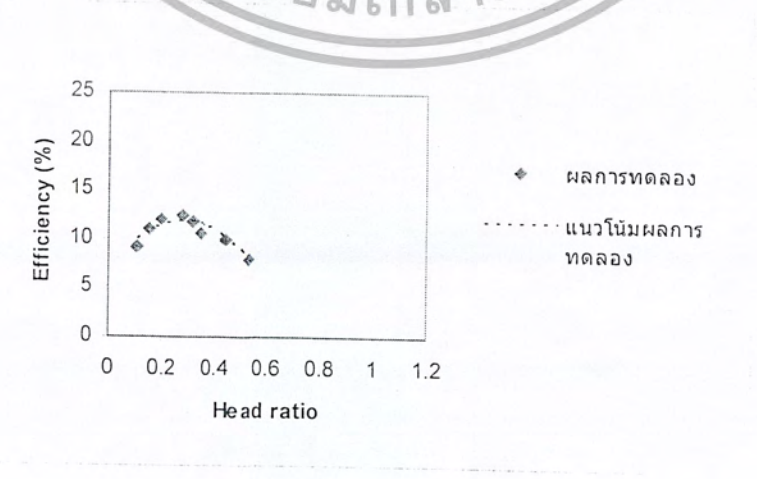
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 0%

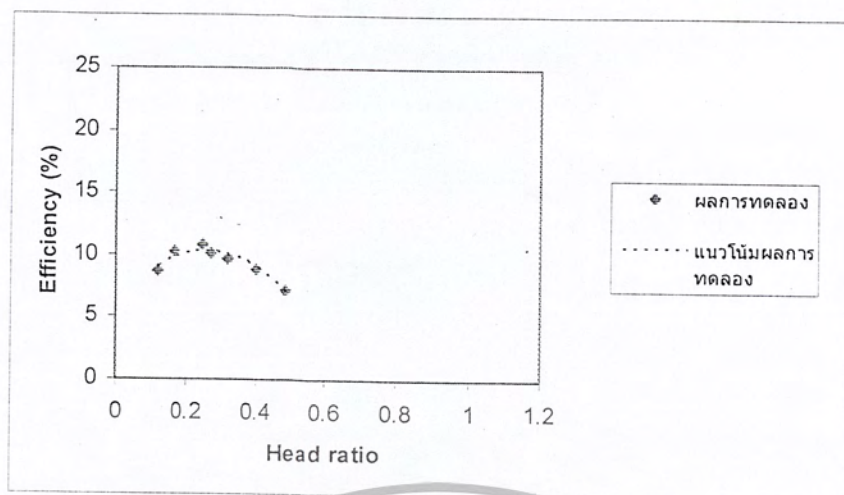


รูปที่ 3.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 20%



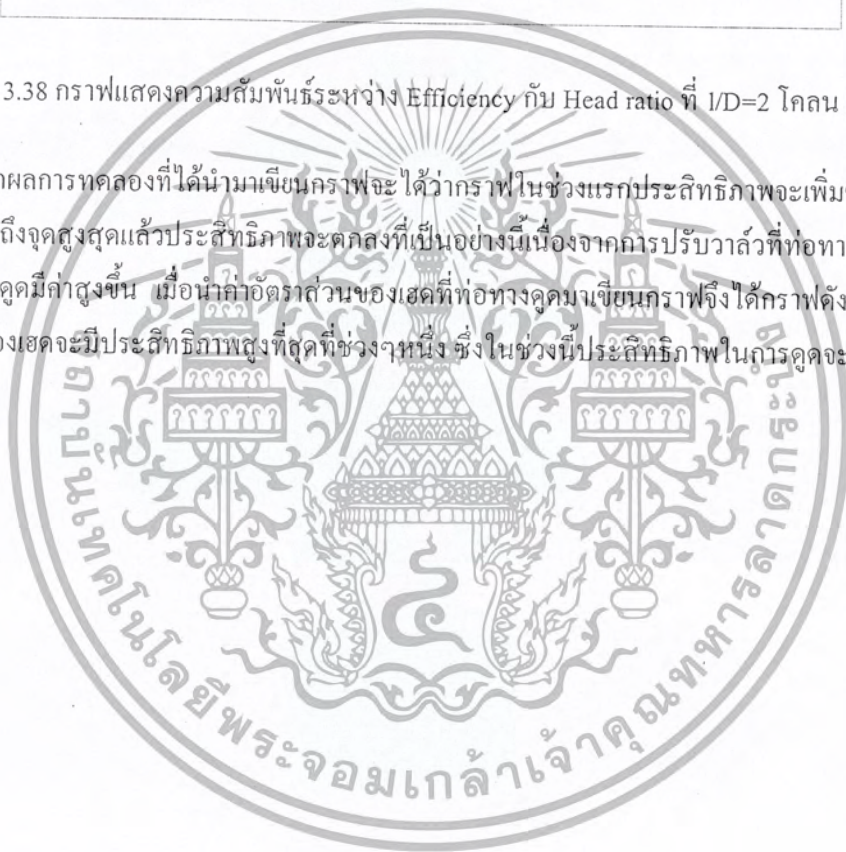
รูปที่ 3.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารได้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

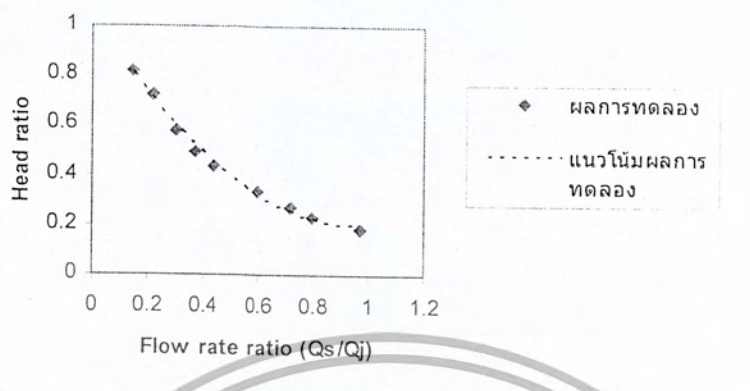


รูปที่ 3.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $1/D=2$ โคลน 50%

จากผลการทดลองที่ได้นำมาเขียนกราฟจะเห็นว่ากราฟในช่วงแรกประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พอถึงจุดสูงสุดแล้วประสิทธิภาพจะตกลงที่เป็นอย่างนี้เนื่องจากการปรับวาล์วที่ท่อทางดูด ทำให้เฮดที่ท่อทางดูดมีค่าสูงขึ้น เมื่อนำค่าอัตราส่วนของเฮดที่ท่อทางดูดมาเขียนกราฟจึงได้กราฟดังกล่าว และอัตราส่วนของเฮดจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ช่วงๆหนึ่ง ซึ่งในช่วงนี้ประสิทธิภาพในการดูดจะดีที่สุด



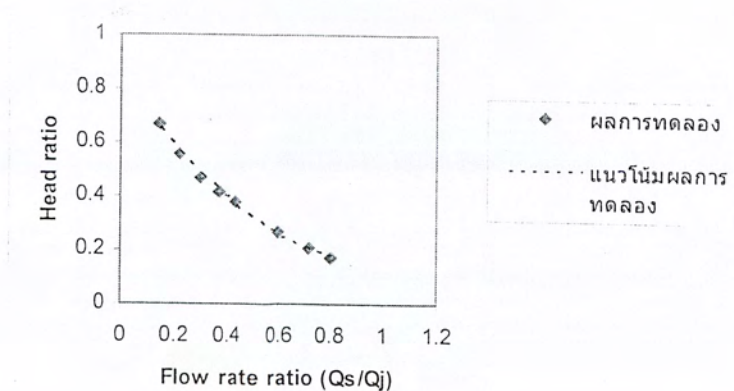
กราฟแสดงผลการทดลองระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio



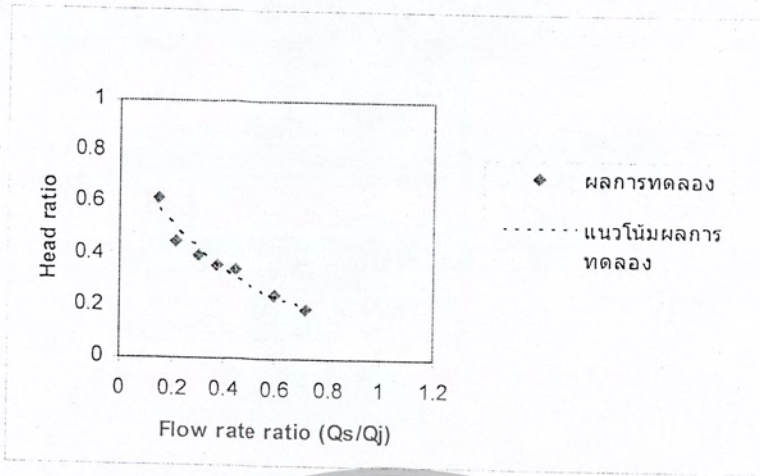
รูปที่ 3.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 0%



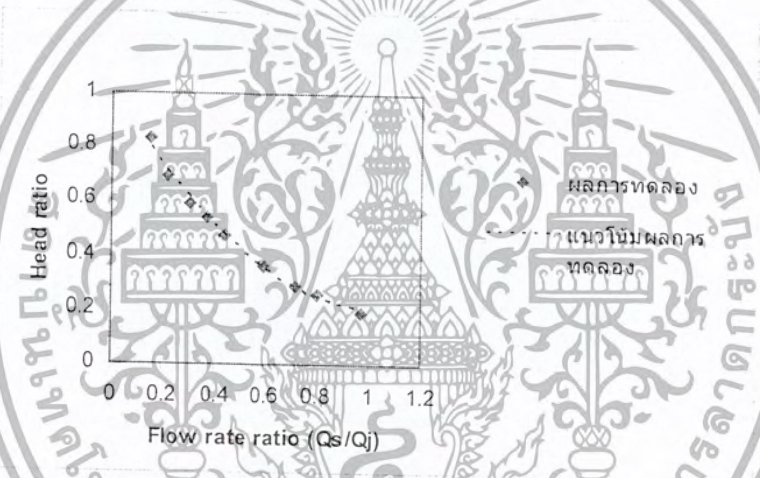
รูปที่ 3.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 20%



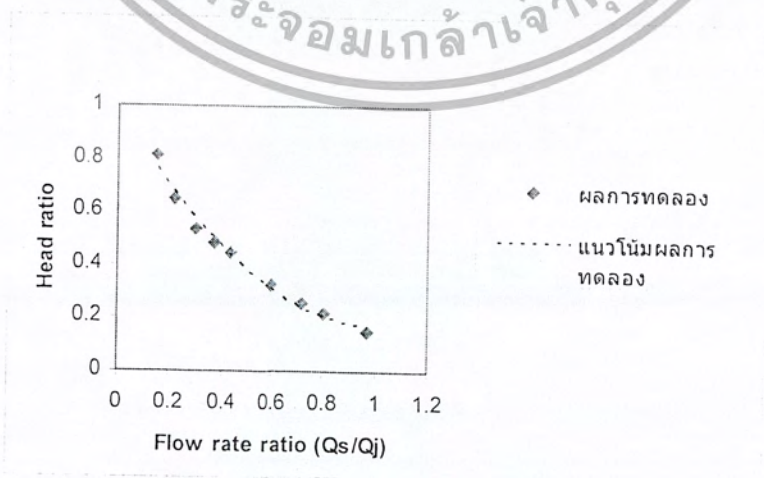
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 30%
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0 โคลน 50%

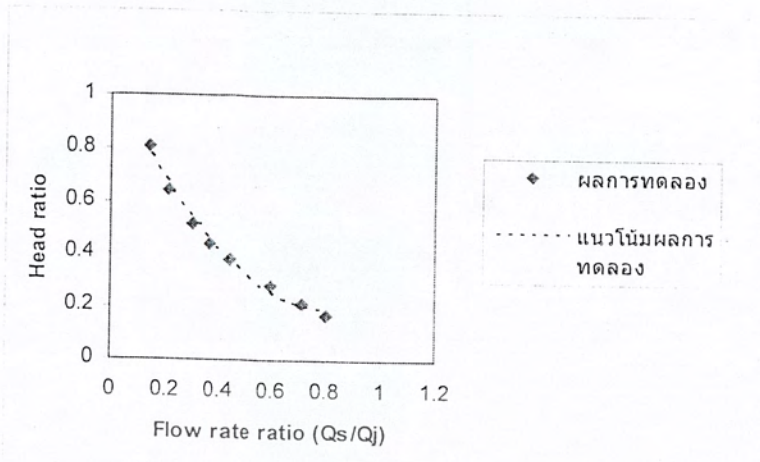


รูปที่ 3.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 0%

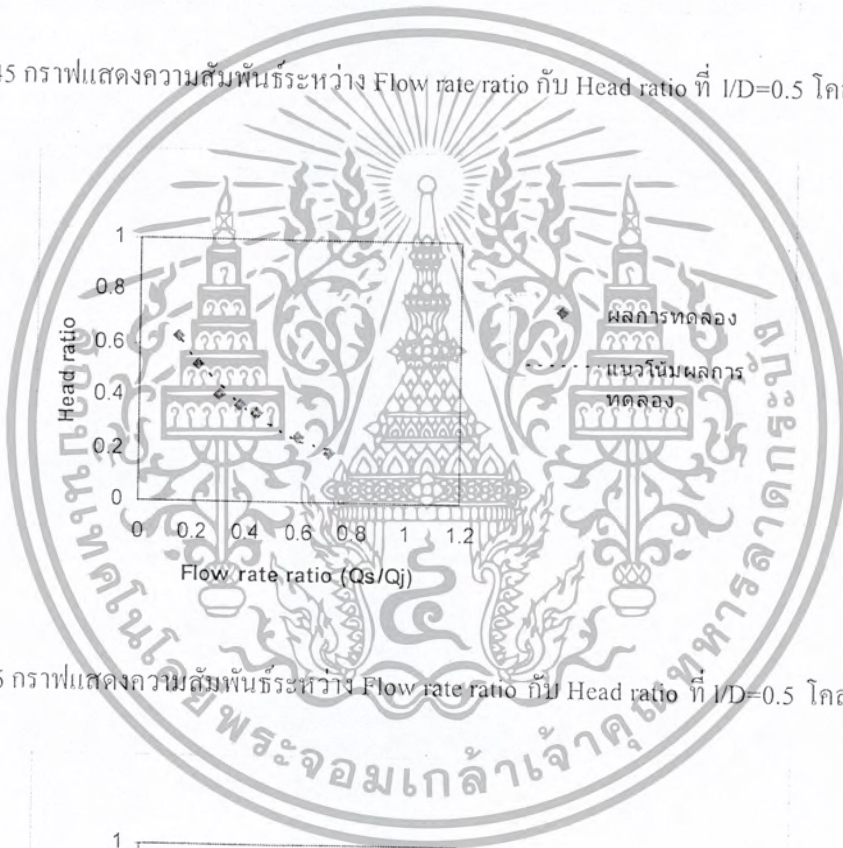


รูปที่ 3.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0.5 โคลน 20%

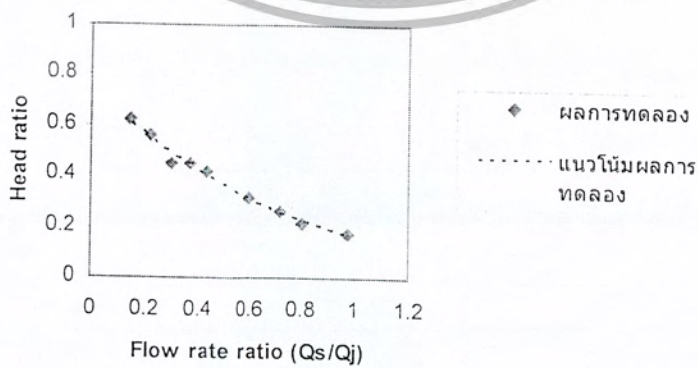
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$ โคลน 30%

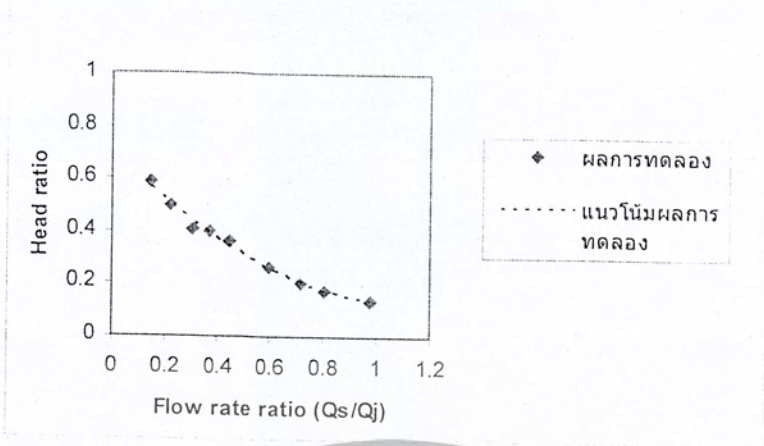


รูปที่ 3.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$ โคลน 50%



รูปที่ 3.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=1$ โคลน 0%

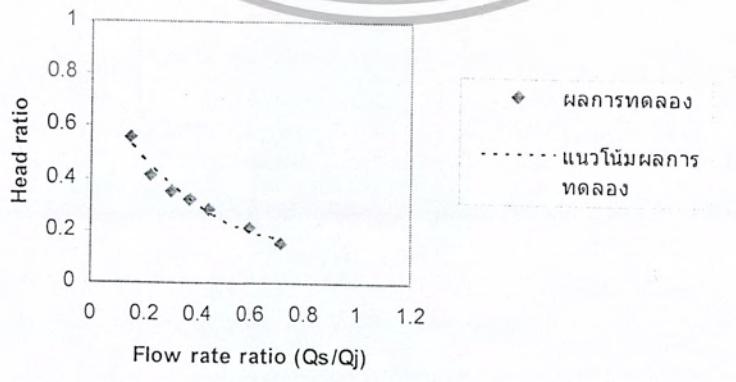
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=1$ โคลน 20%

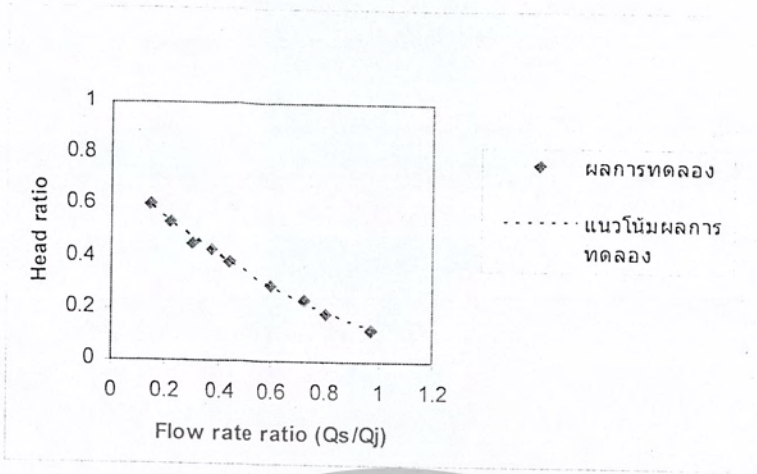


รูปที่ 3.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=1$ โคลน 30%

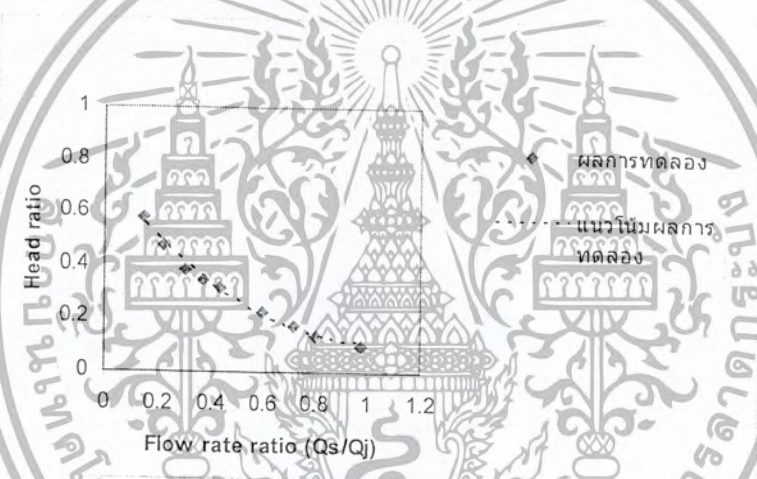


รูปที่ 3.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=1$ โคลน 50%

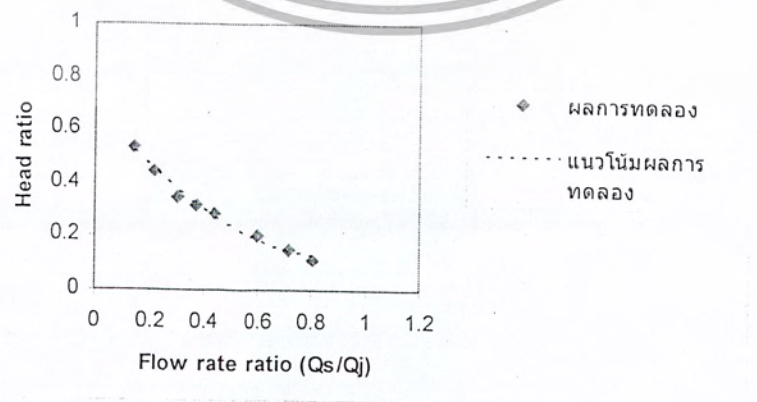
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=2$ โคลน 0%

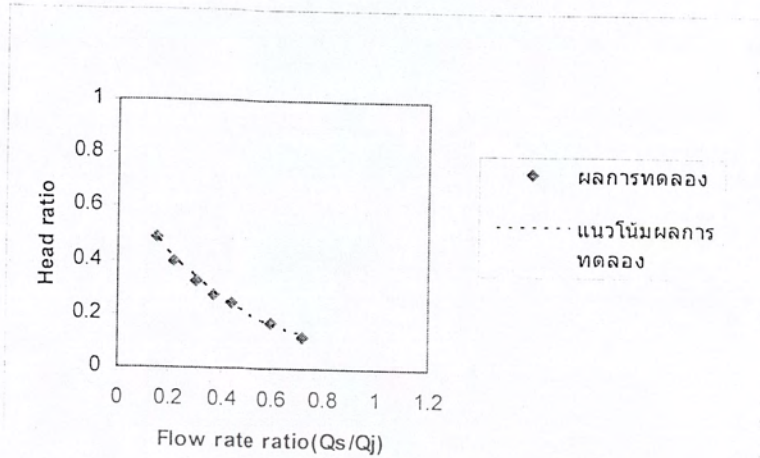


รูปที่ 3.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=2$ โคลน 20%



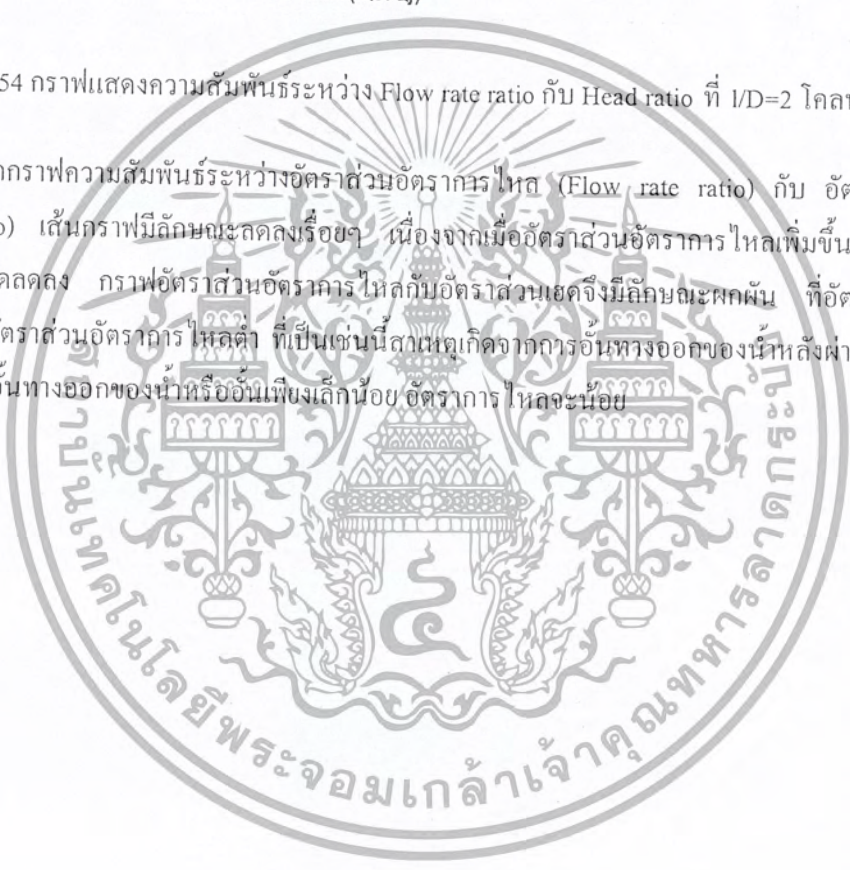
รูปที่ 3.53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=2$ โคลน 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

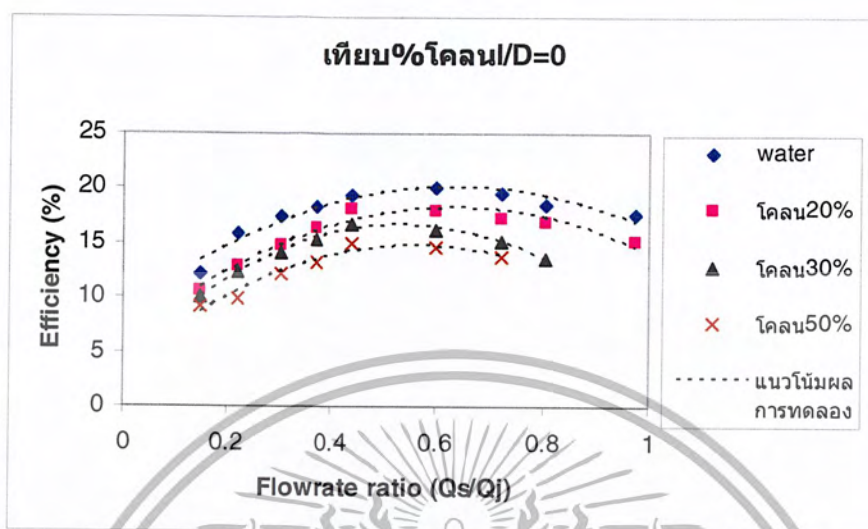


รูปที่ 3.54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ $I/D=2$ โคลน 50%

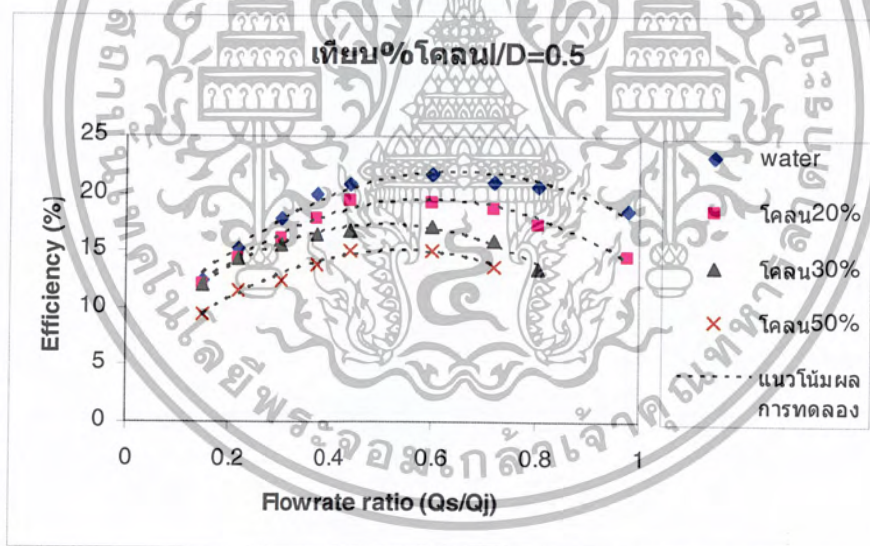
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอัตราการไหล (Flow rate ratio) กับ อัตราส่วนเฮด (Head ratio) เส้นกราฟมีลักษณะคดงอหรือขรุขระ เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าอัตราส่วนเฮดลดลง กราฟอัตราส่วนอัตราการไหลกับอัตราส่วนเฮดจึงมีลักษณะผกผัน ที่อัตราส่วนเฮดสูงๆ ทำให้อัตราส่วนอัตราการไหลต่ำ ที่เป็นเช่นนี้สาเหตุเกิดจากการอันตรกิริยาของน้ำหลังจากผ่านห้องผสมแล้ว ซึ่งการอันตรกิริยาของน้ำหรืออันพิงเล็กน้อย อัตราการไหลจะน้อย



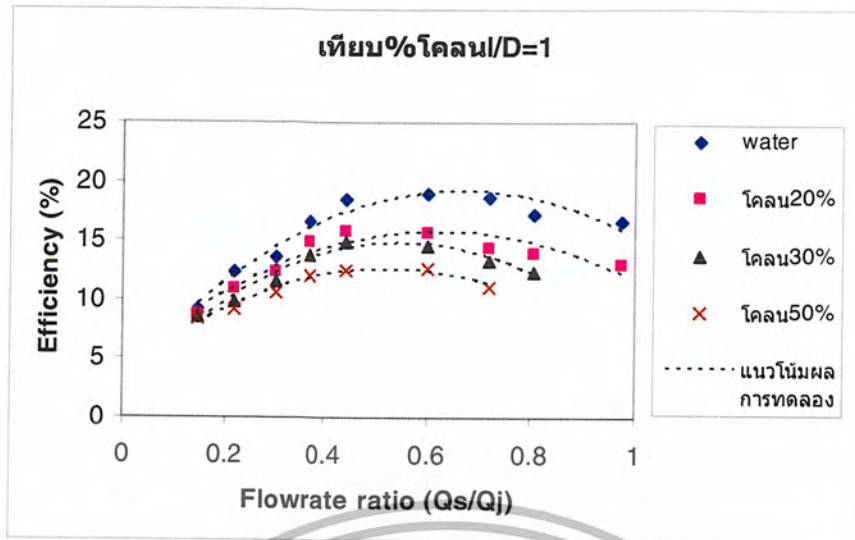
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราส่วนอัตราการไหลด้วยหัวฉีดขนาด 8 มม.
ที่ความดัน 2 Kg/cm²



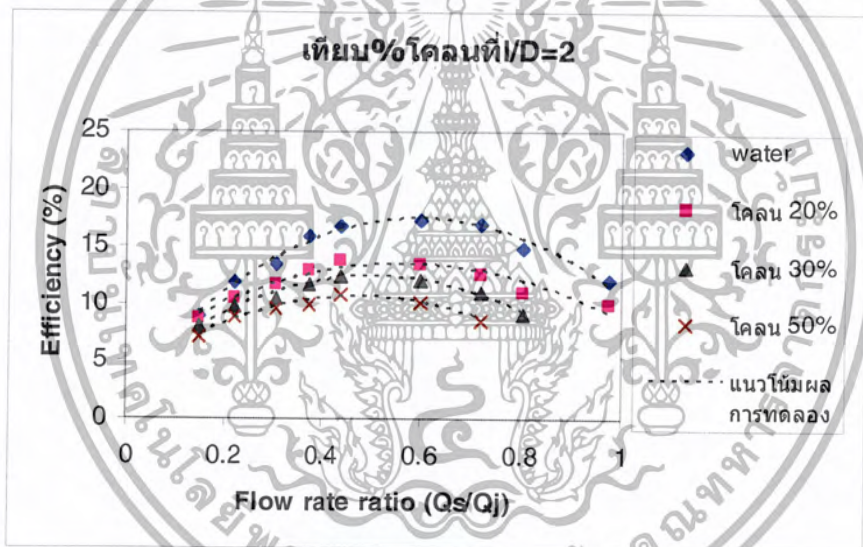
รูปที่ 3.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0



รูปที่ 3.56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ I/D=0.5



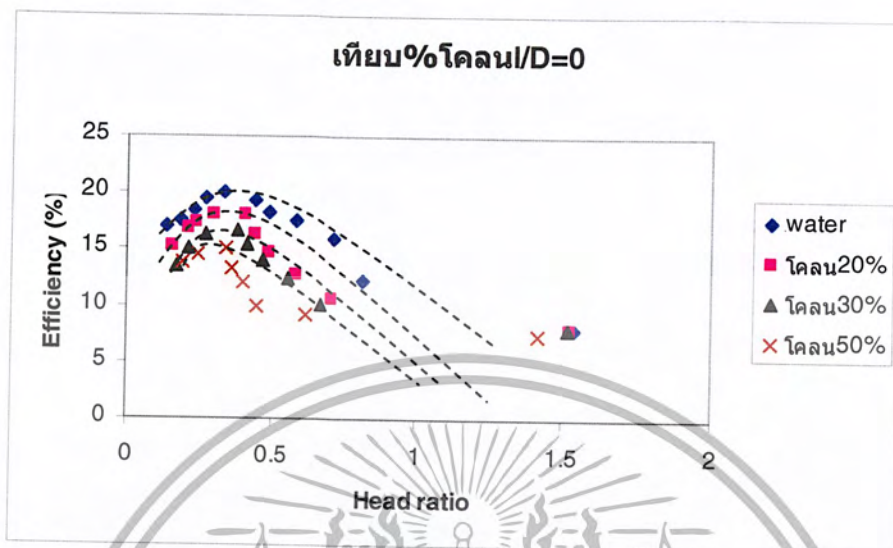
รูปที่ 3.57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=1$



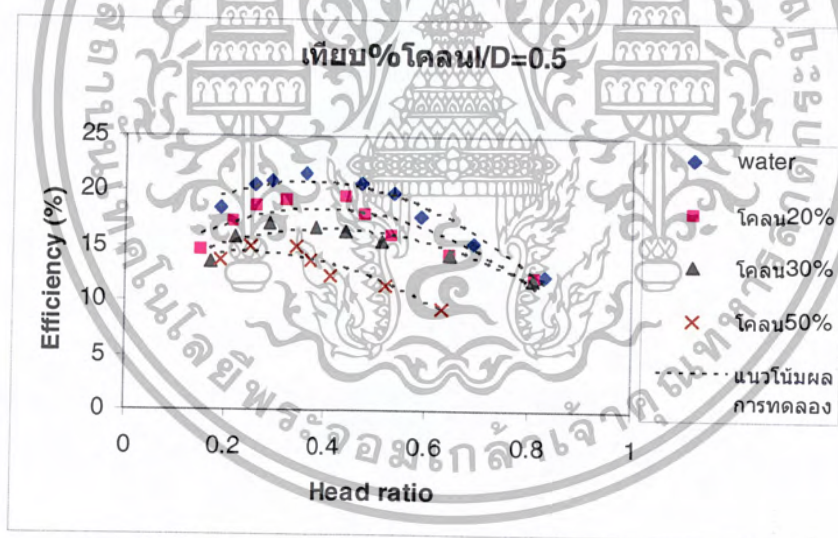
รูปที่ 3.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Flow rate ratio ที่ $I/D=2$

จากกราฟที่เปรียบเทียบผลการทดลองจะเห็นว่า ที่ความดัน 2 Kg/cm^2 ที่ระยะห่างของหัวฉีด ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในน้ำกับน้ำจะมีประสิทธิภาพ (η) สูงที่สุดและประสิทธิภาพ (η) จะลดลงเรื่อยๆเมื่อมีส่วนผสมของโคลนเพิ่มขึ้น เนื่องจากโคลนมีความหนืดมากกว่าน้ำทำให้อัตราการไหลมีค่าลดลงจึงทำให้ประสิทธิภาพ (η) ที่ได้มีค่าลดลง

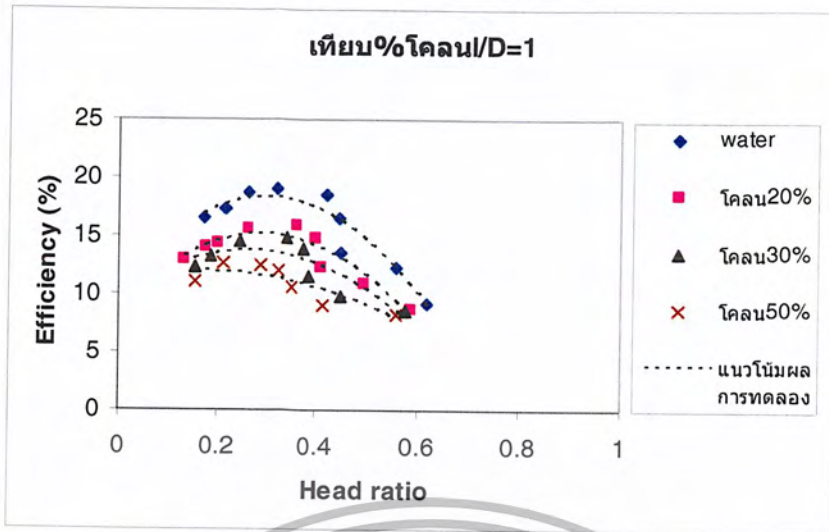
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราส่วนเฮดด้วยหัวฉีดขนาด 8 มม.
ที่ความดัน 2 Kg/cm²



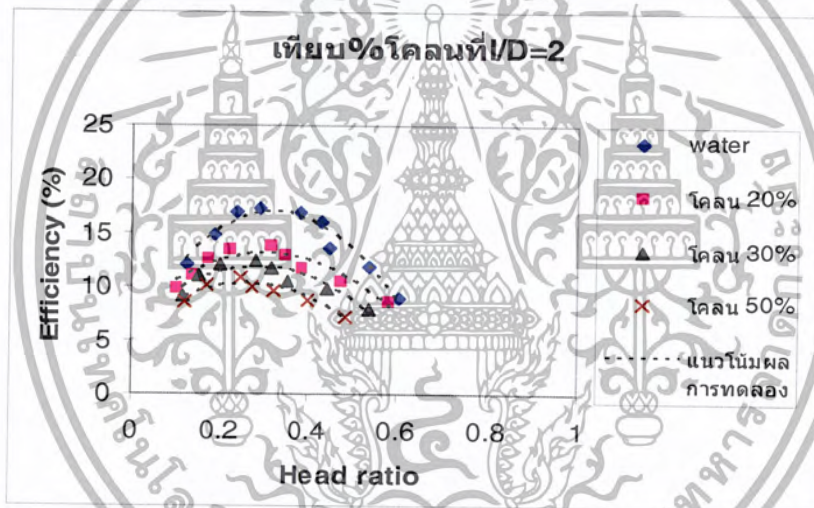
รูปที่ 3.59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0$



รูปที่ 3.60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=0.5$



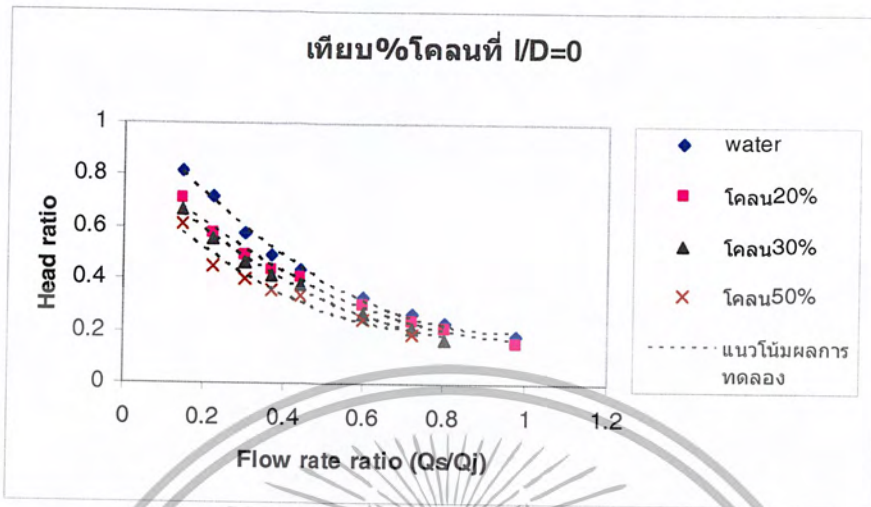
รูปที่ 3.61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=1$



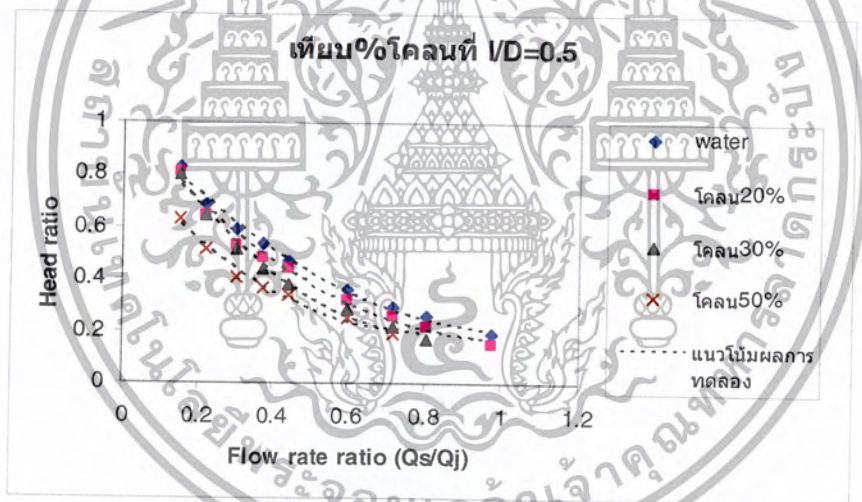
รูปที่ 3.62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency กับ Head ratio ที่ $I/D=2$

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ที่ความดัน 2 Kg/cm^2 ที่ระยะห่างของหัวฉีดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด ที่น้ำกับโคลน 0% จะมีประสิทธิภาพ (η) สูงที่สุดเนื่องจากโคลนจะต้านการเคลื่อนที่ทำให้อัตราการไหลลดลงและเขตทางด้านดูดลดลงแต่เขตที่ได้จากปั๊มคงที่จากสมการ $\frac{H_d - H_s}{H_p - H_d}$ ดังนั้นประสิทธิภาพ (η) จะลดลงเมื่อส่วนผสมของโคลนเพิ่มขึ้น

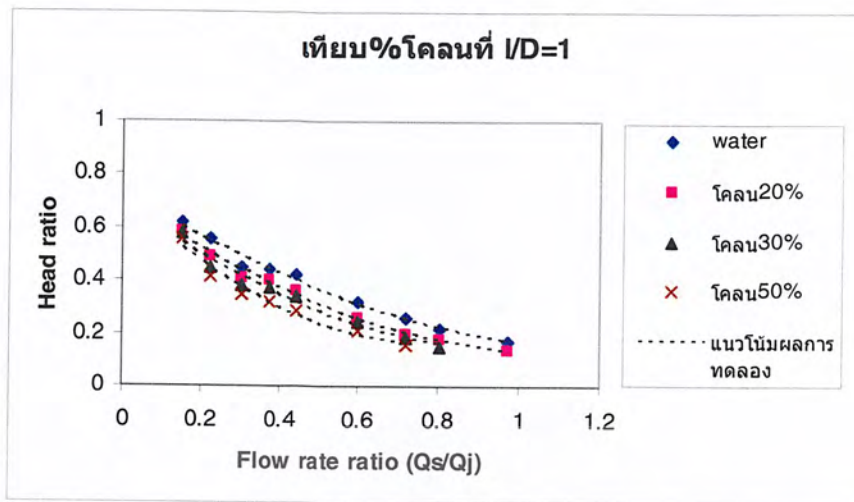
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอัตราการไหลกับอัตราส่วนเฮดด้วยหัวฉีดขนาด 8 มม.
ที่ความดัน 2 Kg/cm²



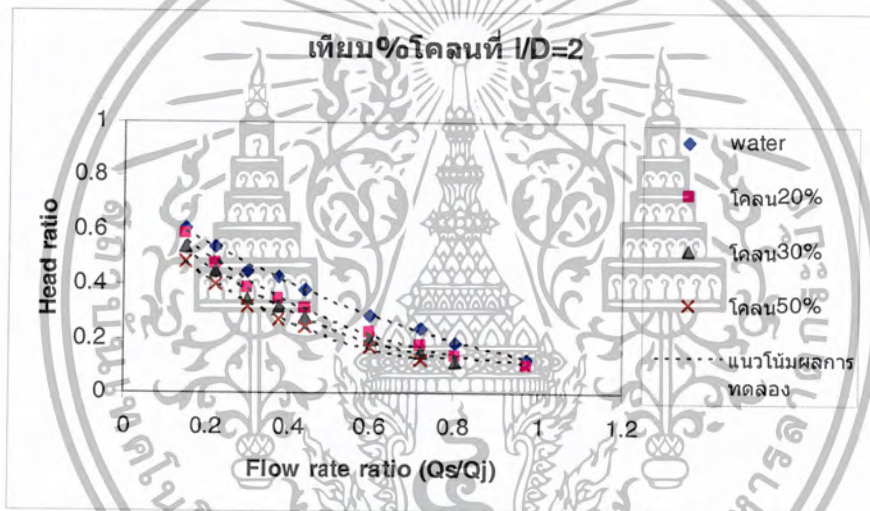
รูปที่ 3.63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0



รูปที่ 3.64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=0.5



รูปที่ 3.65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=1



รูปที่ 3.66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flow rate ratio กับ Head ratio ที่ I/D=2

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ค่าอัตราส่วนของเฮด จะทำให้ค่าอัตราส่วนของอัตราการไหลจะสูง และเมื่อค่าอัตราส่วนของเฮดเพิ่มก็จะทำให้ อัตราส่วนของอัตราการไหลลดลง ที่เป็นเช่นนี้เกิดจากการอื่นของทางออกของของผสมก่อนลงแท็งก์ เนื่องจากมีช่องอนุม 90 องศา อยู่ที่ด้านทางออก (Discharge line) ทำให้ อัตราการไหลด้านดูด (Q_s) มีประสิทธิภาพในการดูดลดลงและเฮดด้านดูด (H_s) ก็เช่นกัน เป็นผลให้อัตราส่วนเฮด $\left(\frac{H}{H_e}\right)$ เพิ่มขึ้นจาก $\frac{H_d - H_s}{H_p - H_d}$ เมื่อ $H = H_d - H_s$ และ $H_e = H_p - H_d$ และอัตราส่วนเฮด กับ อัตราส่วนของอัตราการไหล จะลดลงเมื่อ เปอร์เซ็นต์ของโคลนเพิ่มขึ้น

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะของปั๊มดูดโคลนโดยระบบเจ็ทปั๊มนั้น ซึ่งจะใช้หลักการง่ายๆ โดยให้ของเหลวพาของเหลวกันเอง โดยให้หลักการของของเหลวไหลผ่านท่อไปยังชุดหัวฉีดที่มีขนาดเล็กกว่าท่อส่งทำให้เกิดความเร็วเพิ่มขึ้นที่ทางด้านปลายของหัวฉีด ซึ่งจะติดกับท่อด้านดูด โดยที่ความเร็วที่เพิ่มขึ้นนี้จะส่งผลให้เกิดสุญญากาศที่ท่อดูด ส่งผลให้ของเหลวทางด้านท่อดูดถูกดึงตัวขึ้นมาผสมกับของเหลวทางด้านท่อฉีดที่ห้องผสม (Mixing chamber) แล้วส่งของผสมไปยังท่อส่งที่ปล่อยออกไปยังถังกักเก็บ โดยตามหลักของเหลวที่ได้จากปั๊มจะมีปริมาณต่ำกว่าตอนที่ติดตั้งชุดหัวฉีด (Jet pump) ตัวหัวฉีด (Jet) จะช่วยให้ของเหลวที่ทางด้านท่อส่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิม และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปั๊มให้สูงตามไปด้วย

จากผลการทดลองเลือกใช้หัวฉีดขนาด 8 มม. เนื่องจากหัวฉีดขนาด 8 มม. ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด เมื่อทำการทดลองแล้วผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดจะเกิดขึ้นที่ระยะห่างของหัวฉีดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 โดยประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองน้ำกับโคลน 0% เท่ากับ 21.6% มีอัตราส่วนอัตราการไหลเท่ากับ 0.6 และอัตราส่วนเฮดเท่ากับ 0.36 เมื่อทำการทดลองกับน้ำที่มีส่วนผสมของโคลนเท่ากับ 20% ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเท่ากับ 19.49% มีอัตราส่วนอัตราการไหลเท่ากับ 0.44 และอัตราส่วนเฮดเท่ากับ 0.44 เมื่อทำการทดลองกับน้ำที่มีส่วนผสมของโคลนเท่ากับ 30% ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเท่ากับ 17.13% มีอัตราส่วนอัตราการไหลเท่ากับ 0.6 และอัตราส่วนเฮดเท่ากับ 0.29 เมื่อทำการทดลองกับน้ำที่มีส่วนผสมของโคลนเท่ากับ 50% ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเท่ากับ 15.03% มีอัตราส่วนอัตราการไหลเท่ากับ 0.6 และอัตราส่วนเฮดเท่ากับ 0.25 จากการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าถ้าส่วนผสมของโคลนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มลดลงเนื่องจากโคลนมีความหนืดและความหนาแน่นมากกว่าน้ำ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าถ้าส่วนผสมของโคลนเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มจะลดลงเนื่องจากโคลนมีน้ำหนักมากกว่าน้ำและเป็นตัวด้านการเคลื่อนที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน (Loss) และเพราะเมื่อเปอร์เซ็นต์ของโคลนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความหนาแน่น (ρ) เพิ่มมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มลดลง

สรุป

ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดจะเกิดขึ้นที่ระยะห่างของหัวฉีดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) ที่ 0.5 และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อปริมาณของของไหลที่มีโคลนผสมอยู่เพิ่มขึ้นเนื่องจากโคลนมีน้ำหนักมากกว่าน้ำทำให้เพิ่มการด้านการเคลื่อนที่



ภาคผนวก

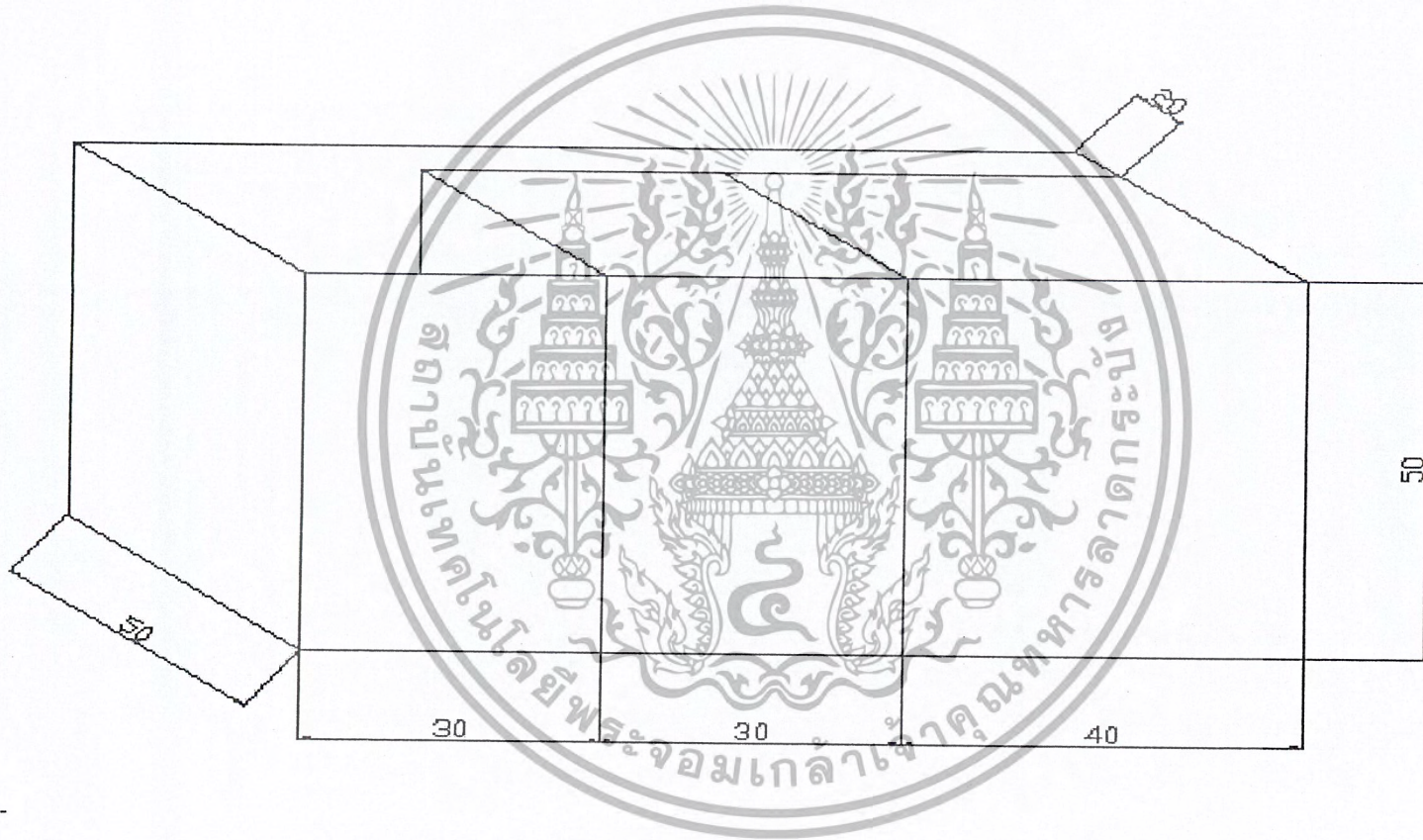
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

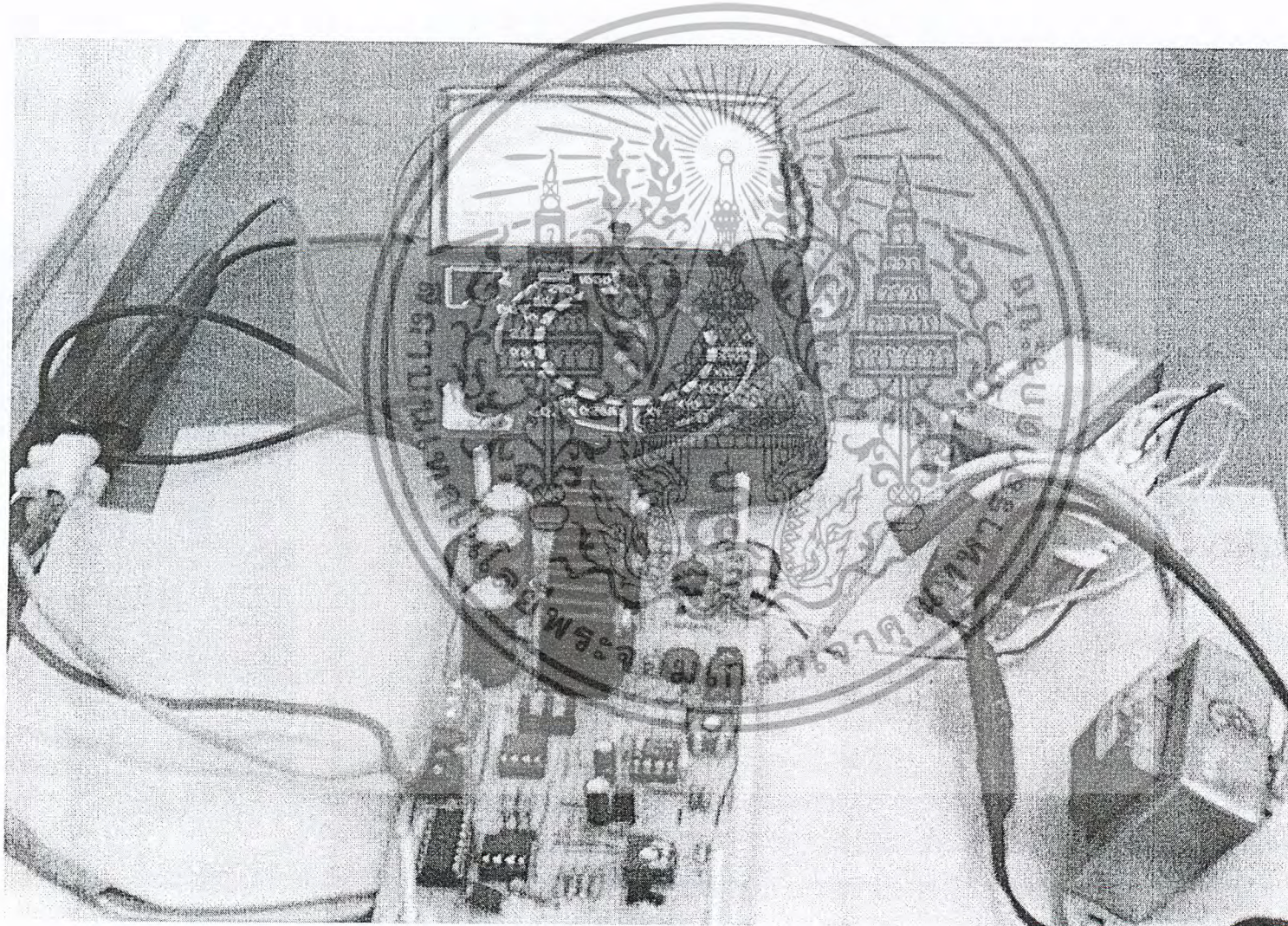
ชุดตัดตั้งหัวฉีด



ถังเก็บน้ำและโคลน



ชุดแปลงสัญญาณและอ่านค่าอัตราการไหล



เอกสารอ้างอิง

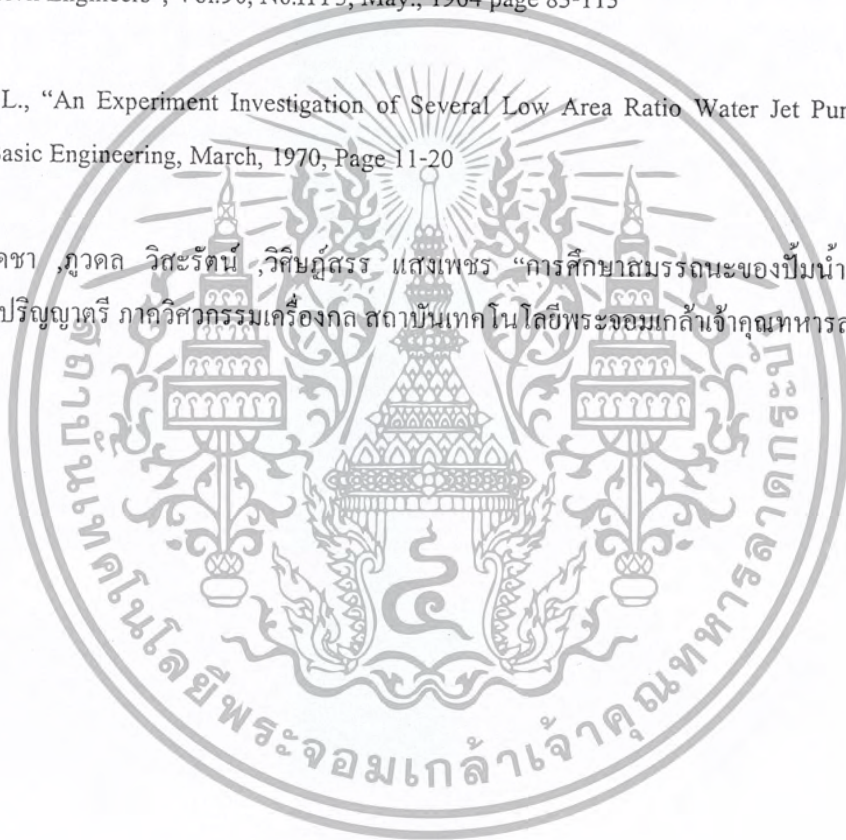
Gosline, J. E., and O'Brien M.P., "The Water jet pump", Publication in Engineering, University of California, Vol.3, No.3, 1934., page 167-190.

Hansen, A. G., and Dinnavy, R., "The Design of Water jet Pumps," ASME Paper No.65-WA/FE-31, Nov.1965

Mueller, N. H. G., "Water jet pump", Journal of the Hydraulics Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineers", Vol.90, No.HY3, May., 1964 page 83-113

Sanger, N. L., "An Experiment Investigation of Several Low Area Ratio Water Jet Pump," ASME Journal of Basic Engineering, March, 1970, Page 11-20

พีระ นิยมเดชา ,ภูวดล วิษะรัตน์ ,วิศิษฐ์สร สแสงเพชร "การศึกษาสมรรถนะของปั้มน้ำแบบหัวฉีด"
วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาศรรณหะปั้มดูดโคลนแบบอีเจ็คเตอร์

Performance Study for Dredge Mud by Ejector

รชานนท์ เพชรเวโรจน์, วัฏญญู สิทธิวัชรพงศ์, รัชฎา สัยงาม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. จำลอง ปราบแก้ว

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการทดสอบสมรรถนะของ เจ็ตปั้ม ที่ใช้ในการดูดโคลน โดยการเปลี่ยนขนาดของหัวฉีด, อัตราส่วนของน้ำกับโคลน และอัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (VD) แล้วผลการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพ (η) กับ อัตราส่วนการไหลทางออกจากหัวฉีด และท่อดูด ที่ส่วนผสมของน้ำกับโคลน และระยะทางระหว่างปลายหัวฉีดกับทางเข้าของห้องผสมต่างๆกันซึ่งผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรายงานฉบับนี้แล้ว

Abstract

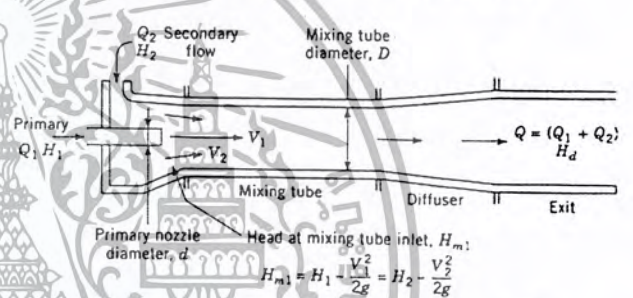
The purpose of this research is to build a pump by ejector to suck mud. That mud is cause pollution to environment , design machine and test the efficiency. Test by use pump to drive ejector change water with mud ratio and change length of jet with diameter of mixing chamber. Use information to calculate efficiency for known about best efficiency. Ejector system can work with mud and big particles because it does not damage by them.

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ในแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ มักจะมีการตื้นเขินบ่อย ๆ อันเนื่องมาจากน้ำฝนหรือน้ำใช้จากบ้านเรือนชะล้างเศษดิน และสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ไหลมาทางคูระบายน้ำ หรือทางผิวดินลงสู่ลำคลองสาธารณะ ทำให้หน่วยงานภาครัฐต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกคูคลองอยู่บ่อย ๆ ในปัจจุบันการขุดลอกคูคลองที่มีส่วนผสมของโคลนจะทำได้โดยการรดักเป็นหลัก และมีผู้พยายามดูดโคลนในแม่น้ำลำคลองโดยใช้ปั้มหอยโข่งก็ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากใบพัดเกิดความเสียหายได้ง่ายอายุการใช้งานของปั้มหอยโข่งสั้นลงมาก ส่งผลให้สิ้นเปลืองงบประมาณอีกด้วย ดังนั้น ทางที่มงานจึงได้คิดวิธีดูดโคลนด้วยระบบ เจ็ตปั้มเพราะระบบเจ็ตปั้มจะไม่มีส่วนใดส่วนที่เคลื่อนที่หรือ

หมุน ต้องการซ่อมบำรุงน้อย การนำระบบเจ็ตปั้มมาใช้ในการดูดโคลนในแม่น้ำลำคลอง จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ได้

2. หลักการและการคำนวณหาประสิทธิภาพระบบเจ็ตปั้ม



รูปที่ 1. แสดงค่าในการคำนวณต่างๆของระบบเจ็ตปั้ม

ระบบเจ็ตปั้มมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 3 ส่วนคือ หัวฉีด (Nozzle) ห้องผสม (Mixing Chamber) และท่อลดความเร็ว (Diffuser) การทำงานของเจ็ตปั้ม ใช้หลักการจลศาสตร์ของของไหล โดยให้ของไหลที่มีความดันสูง (Motive Fluid) ไหลผ่านหัวฉีดด้วยความเร็วสูง ผลของความเร็สูงจะทำให้เกิดความดันต่ำในช่องทางเข้าของห้องผสมจึงเป็นเหตุให้ของไหลที่ช่องทางดูด (Suction Fluid) ถูกดูดเข้ามาในห้องผสม แล้วจะเกิดโมเมนตัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยระหว่างความเร็วของของไหลจากหัวฉีดและความเร็วของของไหลจากท่อทางดูด โดยความเร็วจะลดลงในส่วนช่องทางขยาย (Diffuser) และเปลี่ยนเป็นความดันผลักดันของไหลไหลออกทางท่อส่ง ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเจ็ตปั้มดังแสดงในรูปที่ 1 ประสิทธิภาพของเจ็ตปั้มคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\eta = \frac{\gamma_{ms} \cdot Q_s \cdot H}{\gamma \cdot Q_j \cdot H_e} = \frac{\gamma_{ms} \cdot Q_s \cdot H_d - H_s}{\gamma \cdot Q_j \cdot H_j - H_d} \quad (1)$$

เมื่อ

η : Efficiency

Q_j : Primary jet flow rate

rate

H_j : Drive head

Q_s : Secondary jet flow rate

H_s : Suction head

Q_d : Delivery flow rate

H_d : Discharge head

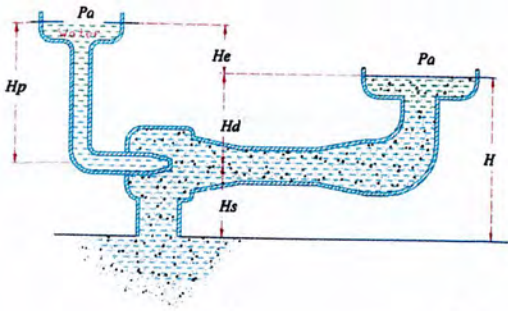
γ_{ms} : Specific weight of slurry

γ : Specific weight of water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

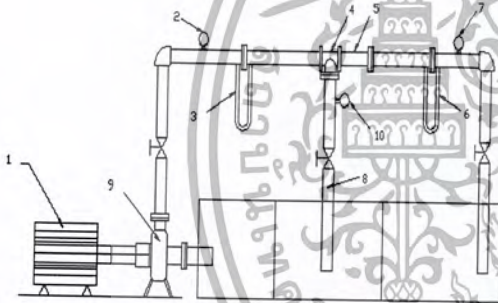
γ : Specific weight of water



รูปที่ 2. แสดงการเกิดเฮดในระบบเจ็ทปั๊ม

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มอเตอร์
2. เกจวัดความดัน (P_1)
3. มานอมิเตอร์ (Q_1)
4. หัวฉีด
5. ห้องผสม
6. มานอมิเตอร์ (Q_2)
7. เครื่องวัดอัตราการไหล
8. ท่อทางดูด
9. ปั๊ม
10. เกจวัดความดัน (P_2)



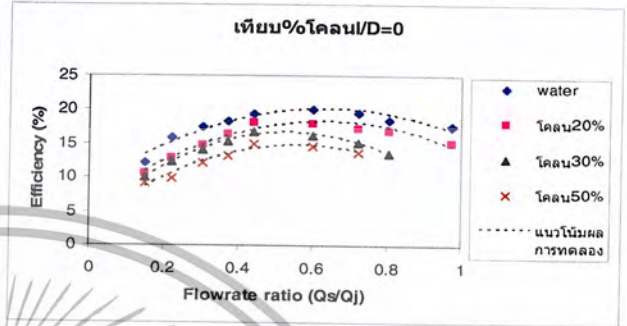
รูปที่ 3. แสดงชุดทดลอง



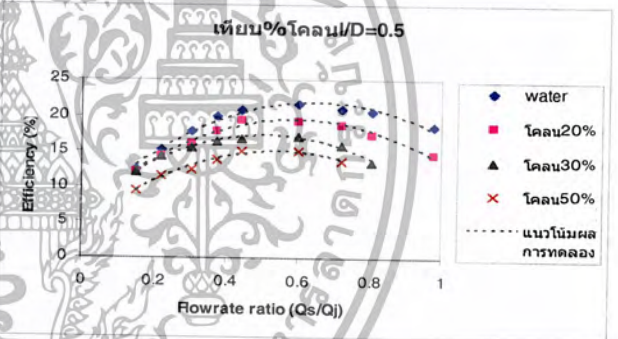
รูปที่ 4. แสดงชุดห้องผสม

4. ผลการทดลอง

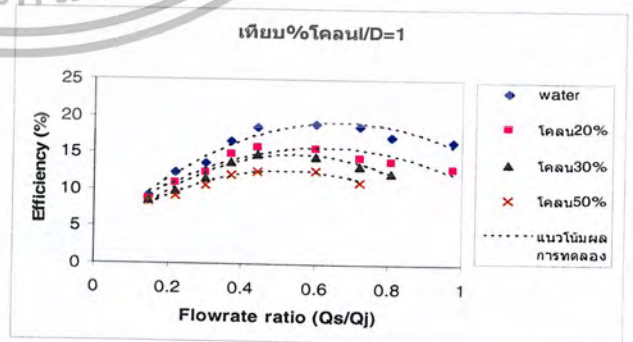
จากรูปที่ 5 แสดงประสิทธิภาพของเจ็ทปั๊มโดยการเปลี่ยนอัตราส่วนอัตราการไหล (Q_2/Q_1) และส่วนผสมของน้ำกับโคลนที่ 0%, 20%, 30%, 50%, ตามลำดับ, ที่อัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 0 ทดลองน้ำกับน้ำ ที่อัตราส่วนอัตราการไหล (Q_2/Q_1) เท่ากับ 0.601 อัตราส่วนเฮด (H/H_0) เท่ากับ 0.333 จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 20.01%



รูปที่ 5. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล ที่ $I/D=0$

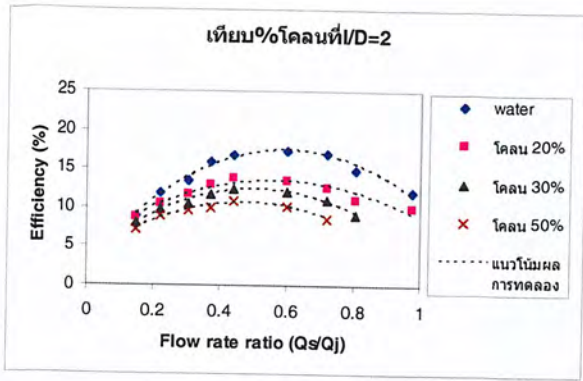


รูปที่ 6. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล $I/D=0.5$



รูปที่ 7. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล $I/D=1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

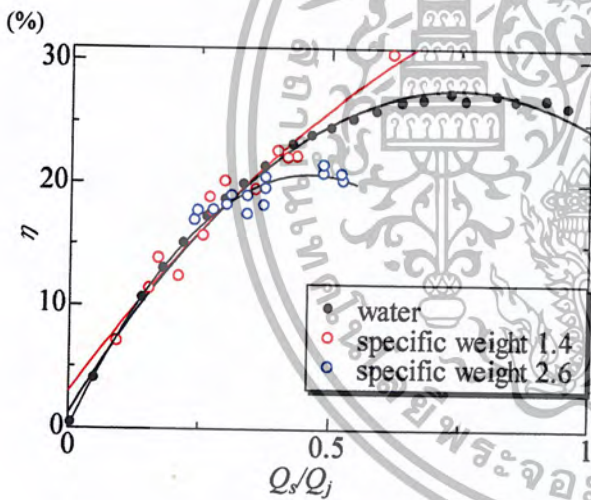


รูปที่ 8. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล I/D=2

เอกสารอ้างอิง

[1] Elger, D.F., McLam, E. T., Taylor, S. J., (1991): A New Way to Represent Jet Pump Performance, ASME Journal of Fluids Engineering, September, pp.439-444
 [2] Hansen, A. G., Kin navy, R. (1965): The Design of Water-Jet Pumps, ASME Paper 65-WA/FE 31 and 32.
 [3] พีระ นิยมเดชา ,ภูวดล วิสรัตน์ ,วิศิษฐ์สรร แสงเพชร "การศึกษาสมรรถนะของบีม้ำน้ำแบบหัวฉีด" วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เมื่อเปรียบเทียบกราฟรูปที่ 5, 6, 7, และ 8 เมื่อดูที่การทดลองน้ำกับน้ำ แล้วจะทราบว่าที่อัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) เท่ากับ 0.5 เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะของหัวฉีดกับขนาดวัดผ่าศูนย์กลางของห้องผสม (I/D) ที่ดีที่สุดที่อัตราส่วนอัตราการไหล (Q_s/Q_j) เท่ากับ 0.601 อัตราส่วนเฮด (H/H_0) เท่ากับ 0.36 จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 21.64%



รูปที่ 9. กราฟตามทฤษฎี

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเราจะได้อัตราส่วนต่างๆที่ใกล้เคียงกับทางทฤษฎี แต่ก็มีความแตกต่างจากทฤษฎี เนื่องจากชุดทดลองไม่สมบูรณ์เกิดแรงเสียดทานภายในท่อ และข้ออ้อม สมรรถนะของบีม้ำไม่เพียงพอสำหรับการทดลอง โคลนเกิดการอุดตันทำให้ไม่สามารถวัดค่าความดันที่เที่ยงตรง และจากการทดลอง พบว่าอัตราส่วน I/d เท่ากับ 0.5 หัวฉีด 8 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพประมาณ 21.64% ที่อัตราส่วนอัตราการไหล 0.55-0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้