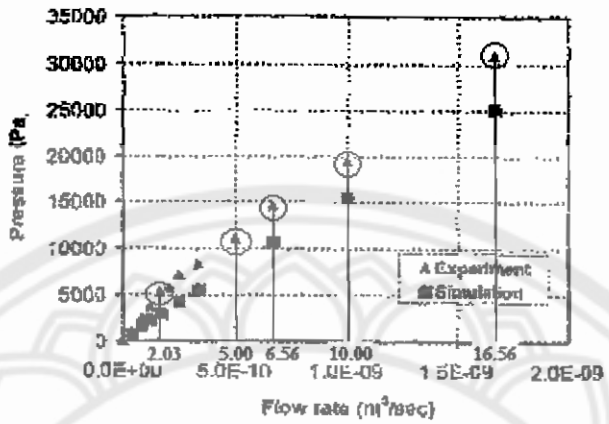
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายละเอียดการคำนวณ

การคำนวณหาความเร็วที่ใช้ในแบบจำลองของแต่ละจุด



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดัน(Pressure, Pa) กับอัตราการไหล (Flow rate, m^3/s)

จากกราฟผลการทดลองของ Chang และคณะซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (Pressure, Pa) กับอัตราการไหล (Flow rate, m^3/s) สามารถพิจารณาหาความเร็วในแต่ละจุดได้ดังนี้

จาก $Q = AV, V = \frac{Q}{A}$

จากกราฟจุดที่ 1 จะได้

อัตราการไหลเท่ากับ $Q = 2.03 \times 10^{-10}\ m^3/s$

พื้นที่หน้าตัดการไหลของท่อเท่ากับ $A = (200 \times 10^{-6})(60 \times 10^{-6}) = 12.00 \times 10^{-9}\ m^2$

ดังนั้น $V = (2.03 \times 10^{-10})/(12.00 \times 10^{-9}) = 16.92 \times 10^{-3}$

จุดอื่น ๆ คำนวณเช่นเดียวกับจุดแรกเพียงแต่เปลี่ยนอัตราการไหล สามารถแสดงดังตาราง

จุดที่	อัตราการไหล (Flow rate, m^3/s)(10^{-10})	ความเร็ว (Velocity, m/s) (10^{-3})
1	2.03	16.92
2	5.00	41.67
3	6056	54.69
4	10.00	83.33
5	16.56	138.02

การคำนวณข้อมูลต่างๆที่ใช้ในโมเดล

การวิเคราะห์การไหลที่ไม่ใช่พื้นที่หน้าตัดทรงกลม

$R_e = \frac{\rho \bar{v} D_h}{\mu}$ โดยที่ $D_h = \frac{4A}{P}$

A = พื้นที่หน้าตัด

P = เส้นรอบรูปหน้าตัดที่สัมผัสของไหล

กำหนดให้ $\rho_{\text{เลือด}} = 1060\ {}^{kg}/_{m^3}$

$\mu = 5.15 \times 10^{-3}\ {}^{N \cdot s}/_{m^2}$

$\dot{v} = 2.03 \times 10^{-10}\ {}^{m^3}/_{s}$ ถึง $\dot{v} = 16.56 \times 10^{-10}\ {}^{m^3}/_{s}$

$A = 200 \times 10^{-6} \times 60 \times 10^{-6}$

$= 12 \times 10^{-9} m^2$

$Q = AV, V = \frac{Q}{A}$

$V = 16.93 \times 10^{-3}\ {}^{m}/_{s}$ ถึง $V = 138.02 \times 10^{-3}\ {}^{m}/_{s}$

$$D_h = \frac{4(12 \times 10^{-9})}{2(60 \times 10^{-6}) + 2(200 \times 10^{-6})}$$

$$= 92.3 \times 10^{-6} m$$

ดังนั้นหาค่า R_e ได้จาก $R_e = \frac{\rho \bar{v} D_n}{\mu}$

ที่ $V = 16.93 \times 10^{-3}\ {}^{m}/_{s}$ จะได้ $R_e = \frac{(1060)(16.93 \times 10^{-3})(92.3 \times 10^{-6})}{(5.15 \times 10^{-3})}$

$$R_e = 0.3216$$

ที่ $V = 138.02 \times 10^{-3}\ {}^{m}/_{s}$ จะได้ $R_e = \frac{(1060)(138.02 \times 10^{-3})(92.3 \times 10^{-6})}{(5.15 \times 10^{-3})}$

$$R_e = 2.622$$

จาก $R_e \leq 2100$ จะเป็นการไหลแบบราบเรียบ(Lamina Flow) ดังนั้นค่า R_e ที่คำนวณได้เป็น $2.622 \leq 2100$ เป็นการไหลแบบราบเรียบ (Lamina Flow) เนื่องจากค่า R_e มีค่าน้อยมากแสดงให้เห็นว่าความหนืดมีผลต่อการไหลสูง

ภาคผนวก ข
การใช้โปรแกรม

การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม COMSAL MULTIPHYSICS 3.2b

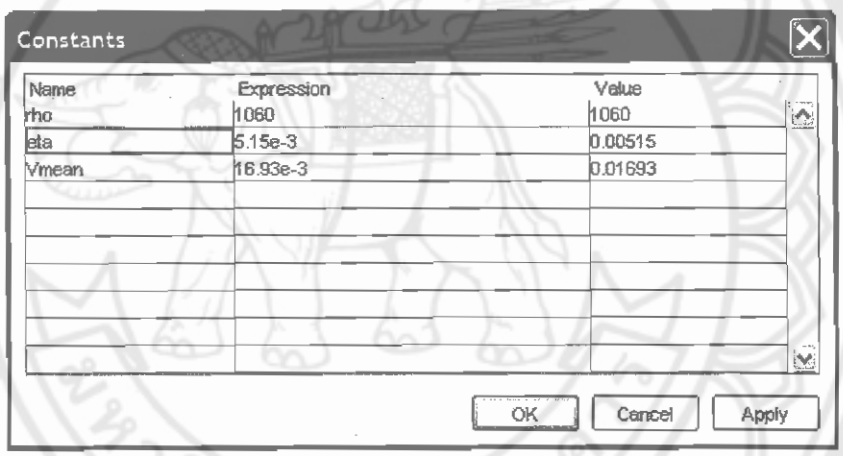
1. แบบจำลอง 2 มิติ

1.1 เข้าสู่โปรแกรม COMSAL MULTIPHYSICS 3.2b โดยดับเบิ้ลคลิกไอคอน COMSAL MULTIPHYSICS 3.2b บนหน้าจอ

1.2 เลือก Fluid dynamics 2D -- > Incompressible Navier-stokes --> Steady – state

1.3 กดที่ Option แล้วเลือก Constants เพื่อกำหนดค่าคงที่ของตัวแปรต่างๆ คือ ความหนาแน่น

เป็น rho, ความหนืดเชิงจลน์เป็น eta และความเร็วเฉลี่ยเป็น Vmean ดังรูป 1.1



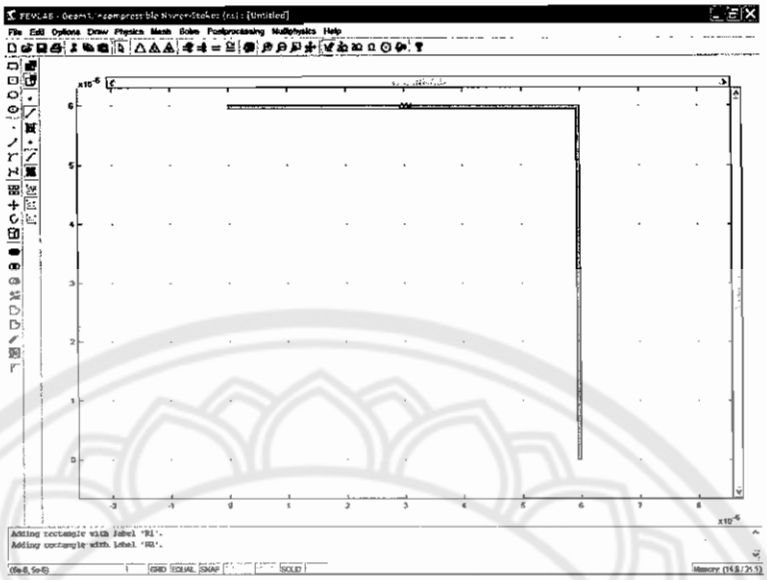
รูป 1.1 การกำหนดค่าคงที่ต่างๆ

1.4 กด Shift ค้างไว้แล้วกดไอคอน Rectangle ทางด้านซ้ายของโปรแกรม กำหนดค่า Width = 6e-3, Height = 6e-3 แล้วกด OK

1.5 ทำซ้ำข้อ 1.4 แต่เปลี่ยนค่า width = 5.94e-6 และ height = 5.94e-6 แล้วกด OK

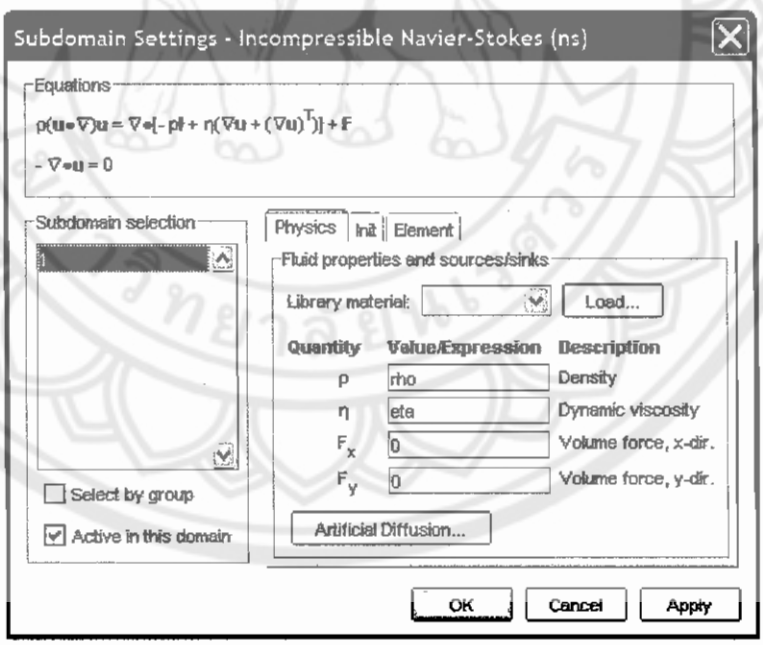
1.6 กด Ctrl+A เพื่อเลือกรูปทั้งคู่ เสร็จแล้วกดไอคอน Difference ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงรูปแบบจำลอง 2 มิติ

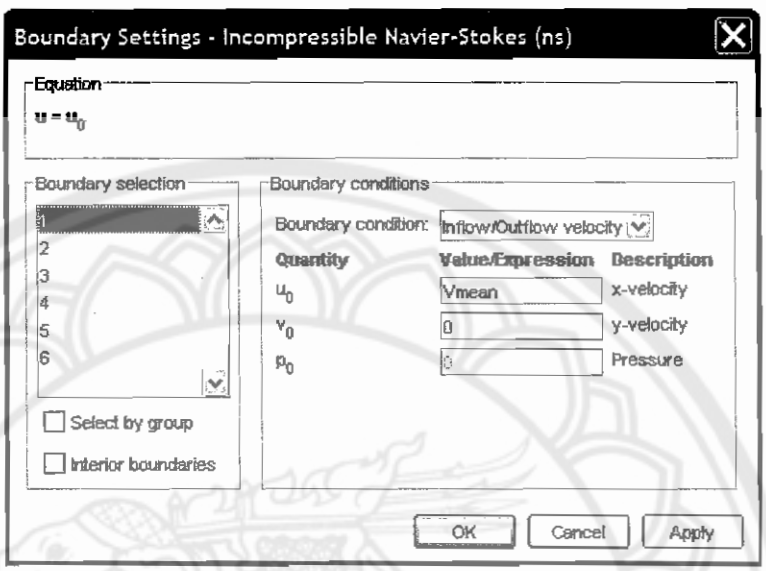
1.7 กดที่ Physics เลือก Subdomain Settings แล้วกดเลือกแทบ Physics กำหนดค่าความหนาแน่นเป็น rho, ความหนืดเชิงจลน์เป็นดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การกำหนดค่าความหนาแน่น และความหนืดเชิงจลน์

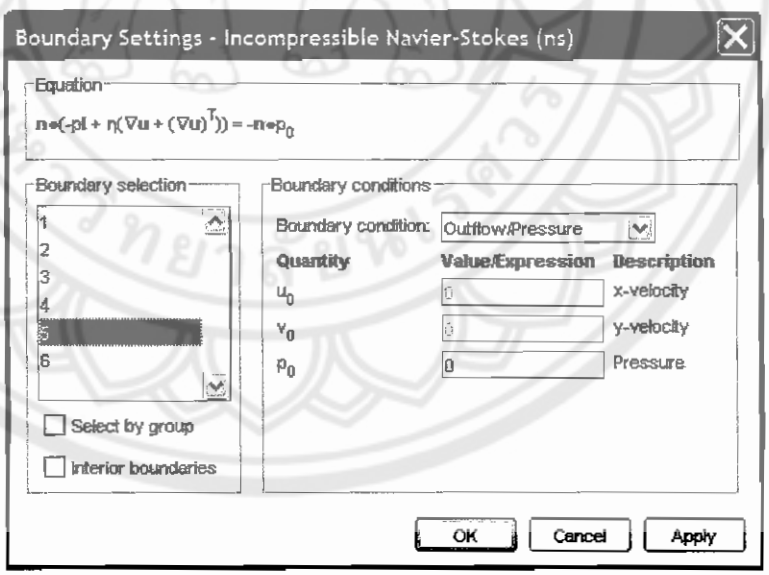
1.8 คลิกที่ Physics เลือก Boundary Settings >> เลือกหัวข้อ Physics กำหนดขอบเขตดังนี้

1.8.1 ทางเข้า กำหนดให้เป็น Inflow/Outflow velocity โดยกำหนดให้ความเร็ว u_0 = Vmean ดังรูปที่ 1.4



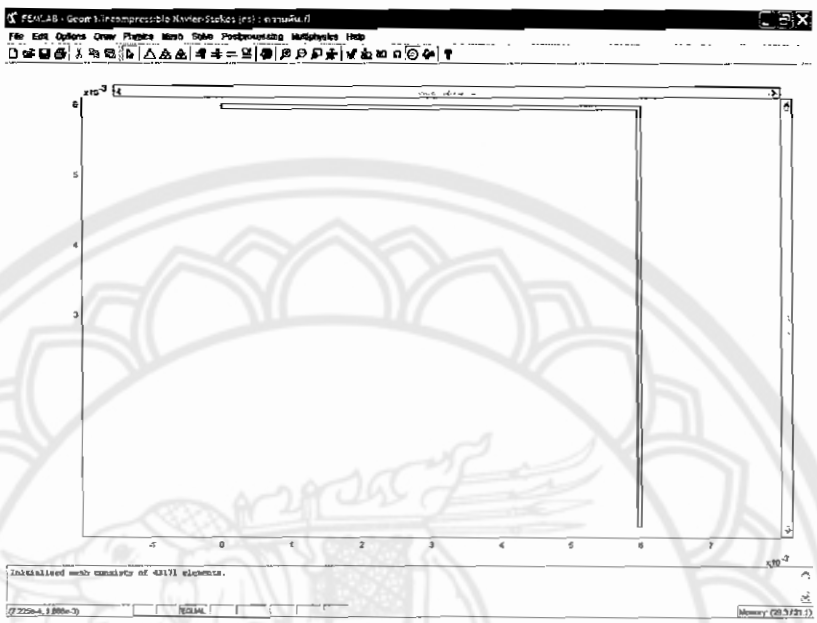
รูปที่ 1.4 แสดงการกำหนดขอบเขตทางเข้าของแบบจำลอง

1.8.2 ทางออก กำหนดให้เป็น Outflow /Pressure ดังรูป 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงการกำหนดขอบเขตทางออกของแบบจำลอง

1.9 กดไอคอน Mash โดยคลิกเครื่องหมาย Δ ที่เมนูบาร์ เพื่อสร้างกริดให้กับแบบจำลอง จะได้ผลดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 แสดงกริดของแบบจำลอง 2 มิติ

หมายเหตุ จำนวนครั้งที่คลิกเพิ่มจะให้จำนวน Grid เพิ่มขึ้น

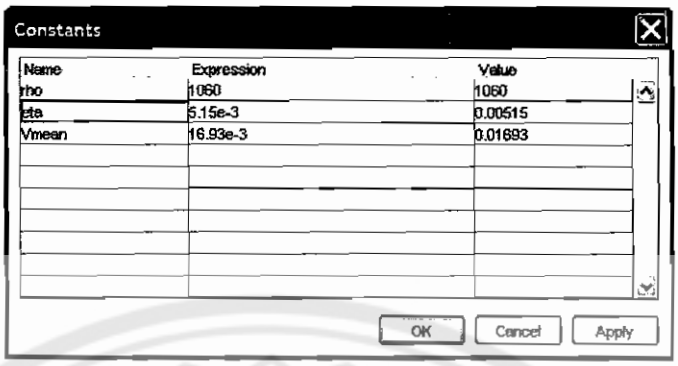
1.10 คลิกเครื่องหมาย = ที่เมนูบาร์ เพื่อทำการประมวลผล

2. แบบจำลอง 3 มิติ

2.1 เข้าสู่โปรแกรม COMSAL MULTIPHYSICS 3.2b โดยดับเบิ้ลคลิกไอคอน COMSAL MULTIPHYSICS 3.2b บนหน้าจอ

2.2 เลือก Fluid dynamics 3D – > Incompressible Navier-stokes --> Steady – state

2.3 กดที่ Option แล้วเลือก Constants เพื่อกำหนดค่าคงที่ของตัวแปรต่างๆ คือ ความหนาแน่นเป็น rho, ความหนืดเชิงจลน์เป็น eta และความเร็วเฉลี่ยเป็น Vmean ดังรูป 2.1

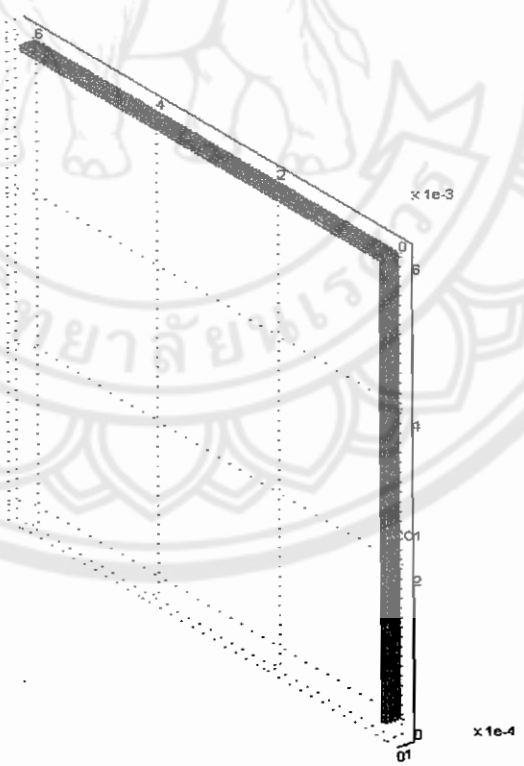


รูป 2.1 การกำหนดค่าคงที่ต่างๆ

2.4 คลิกไอคอน Block ทางด้านซ้ายของโปรแกรม กำหนดค่าความยาวในแกนX = 200 e-6, Y = 60e-3, Z = 60 -3 แล้วกด OK

2.5 ทำซ้ำข้อ 2.4 แต่เปลี่ยนค่า Y = 5.94e-3, Z = 5.94 -3 แล้วคลิก More >> ไปที่ Axis base point เปลี่ยน ที y = 60e-6 แล้วกด OK

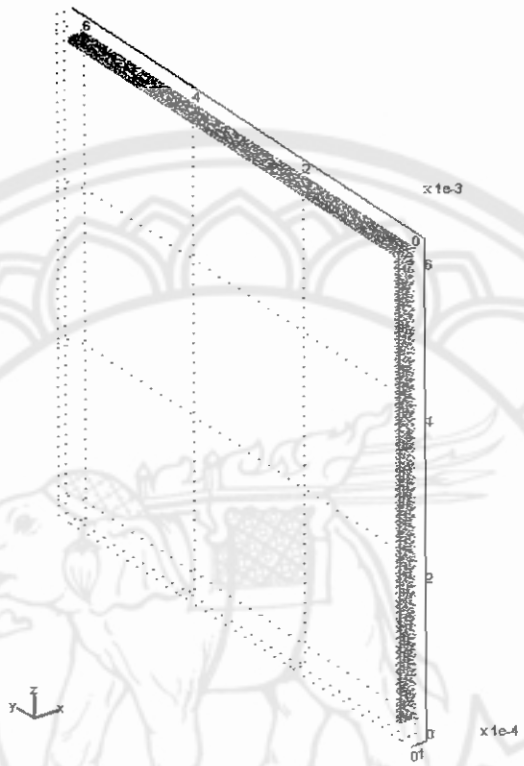
2.6 กด Ctrl+A เพื่อเลือกรูปทั้งคู่ เสร็จแล้วกดไอคอน Difference ทางด้านซ้ายของโปรแกรมดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบจำลอง 3 มิติ

2.7 ทำเช่นเดียวกับแบบจำลอง 2 มิติ ในขั้นตอนที่ 1.7 ถึง 1.8

2.8 กดไอคอน Mash โดยคลิกเครื่องหมาย Δ ที่เมนูบาร์ เพื่อสร้างกริดให้กับแบบจำลอง จะได้ผลดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงกริดของแบบจำลอง 3 มิติ

2.9 คลิกเครื่องหมาย = ที่เมนูบาร์ เพื่อทำการประมวลผล