ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่า

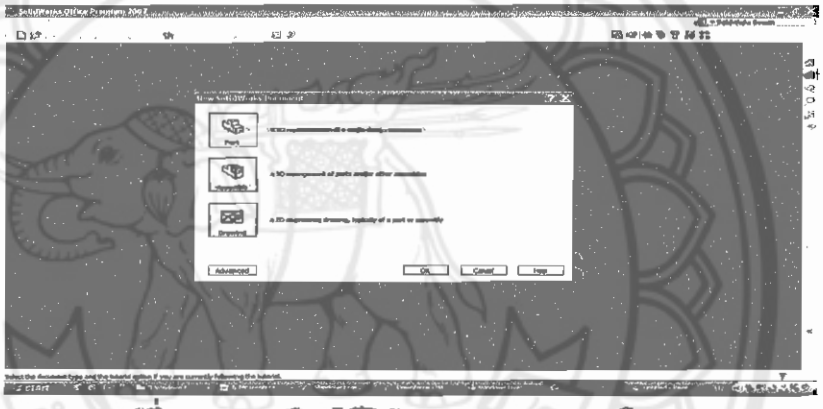
ภาคผนวก ก.
การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่า

ก.1 การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่าด้วยโปรแกรม SolidWorks® 2007

การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่าทางคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ คอมพิวเตอร์ CPU : Pentium 4 3.06GHz, Ram : DDR2 1 GB , HDD : SATA 80 GB , OS : Window XP Pack 2 และใช้โปรแกรม SolidWorks® 2007 มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การเรียกใช้โปรแกรม SolidWorks® 2007

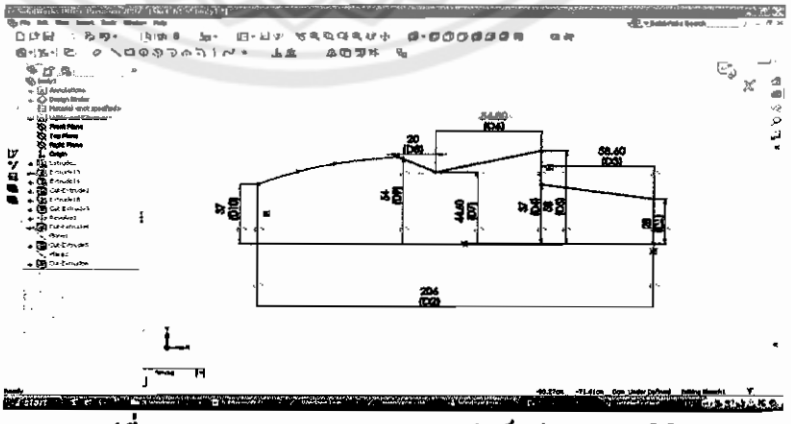
ดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอนโปรแกรม SolidWorks® 2007 บน Desktop แล้วเลือก New--> New SolidWorks Document เลือก Part แล้วคลิก OK



รูปที่ ผก.1 การเรียกใช้โปรแกรม SolidWorks® 2007

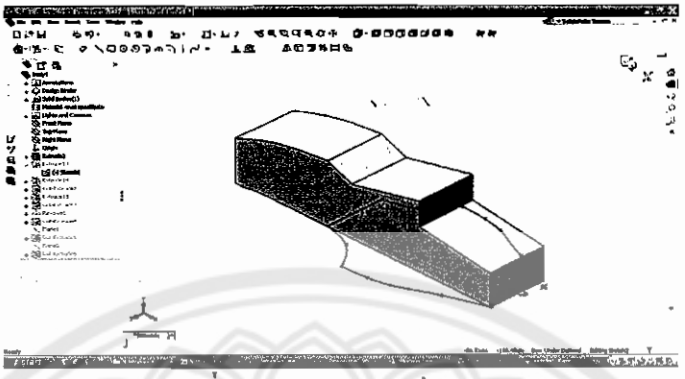
1.2 การวาดแบบจำลองรถฟอร์มูล่า

1.2.1 เลือก Front Plane แล้วคลิกที่ เลือก sketch วาดรูปแบบจำลองรถฟอร์มูล่าตามที่ออกแบบไว้โดยใช้เท่ากับขนาดของรถฟอร์มูล่าจริง



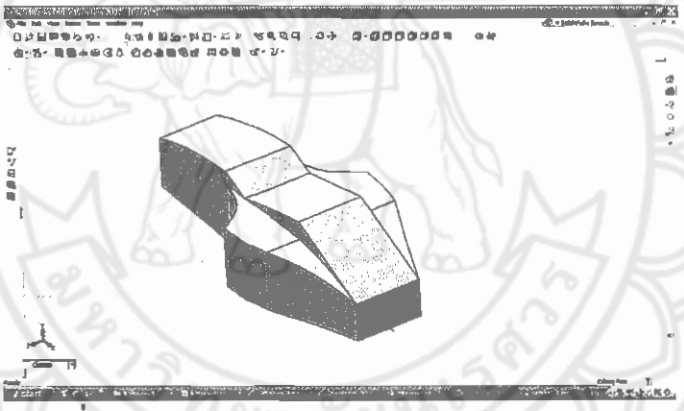
รูปที่ ผก.2 การวาดแบบจำลองรถฟอร์มูล่าแบบ 2 มิติ

1.2.3 คลิกที่ เพื่อทำการยืดรูปให้เป็น 3 มิติ โดยกำหนดความหนาเท่าขนาดจริง แล้วคลิก OK



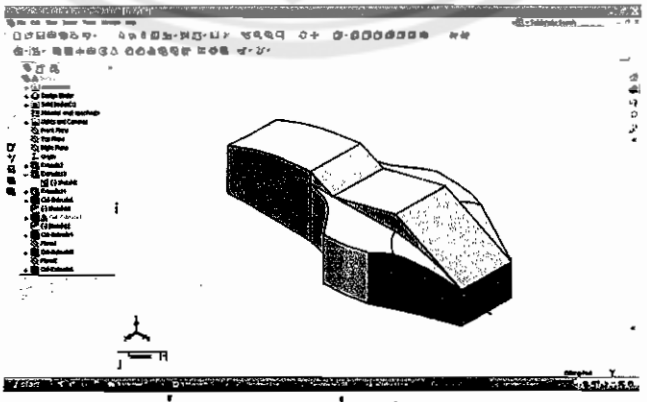
รูปที่ผก.3 ยืดรูปออกเป็น 3 มิติ

1.2.4 เลือก Top Plane แล้วคลิกที่ sketch วาดแบบจำลองรถฟอร์มูล่าในด้าน Top view โดยใช้อัตราส่วนจริง เสร็จแล้วคลิกที่ เลือก ยืดออกให้มีขนาดเท่าจริงแล้วคลิก OK



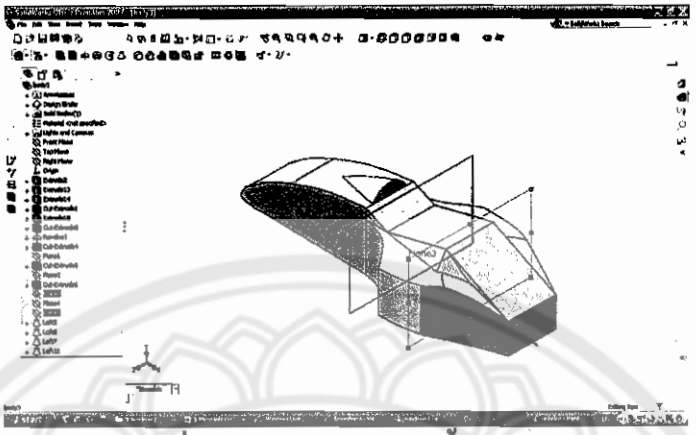
รูปที่ผก.4 ยืดออกให้มีขนาดเท่าจริงในด้าน Top views

1.2.5 คลิก sketch วาดในส่วนที่ไม่ต้องการแล้วคลิก เพื่อตัดส่วนที่ไม่ต้องการออกไป



รูปที่ผก.5 ตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก

1.2.6 ทำการสร้าง Plane ใหม่ขึ้นมาเพื่อวาดในส่วนของรถฟอร์มูล่าที่ยังไม่เต็มโดยเลือกที่ Inset---> Referenee Geometry ---> Plane

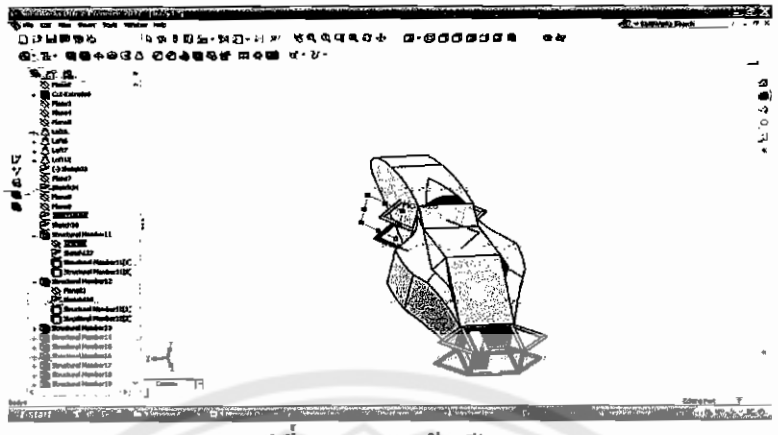


รูปที่ผก.6 การสร้าง Plane ขึ้นมาใหม่

1.2.7 วาดในส่วนที่ขาดของรถฟอร์มูล่าบน Plane ใหม่ เสร็จแล้วคลิกที่ เพื่อทำให้ขึ้นส่วนยืดออกแล้วคลิก OK

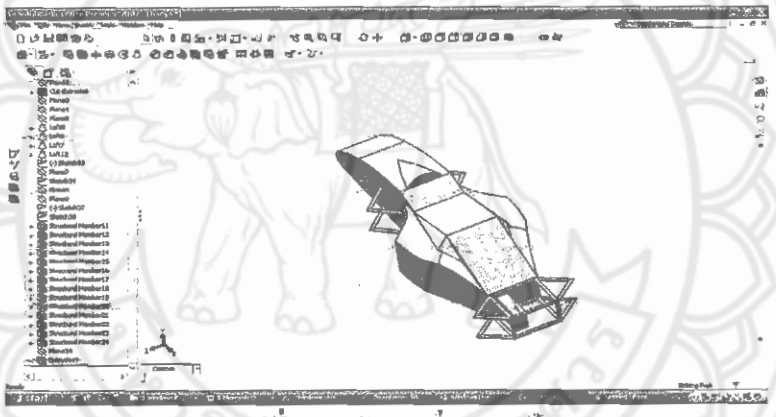
รูปที่ผก.7 การวาดเติมส่วนที่ขาด

1.2.8 ต่อไปทำการสร้างปีกนกที่ยึดตัวรถฟอร์มูล่ากับล้อรถฟอร์มูล่า โดยการสร้าง Plane ขึ้นมาใหม่ในตำแหน่งดังรูปที่ ผก.8 แล้วคลิก sketch วาดรูปตามแบบ เสร็จแล้วคลิก sketch อีกครั้ง



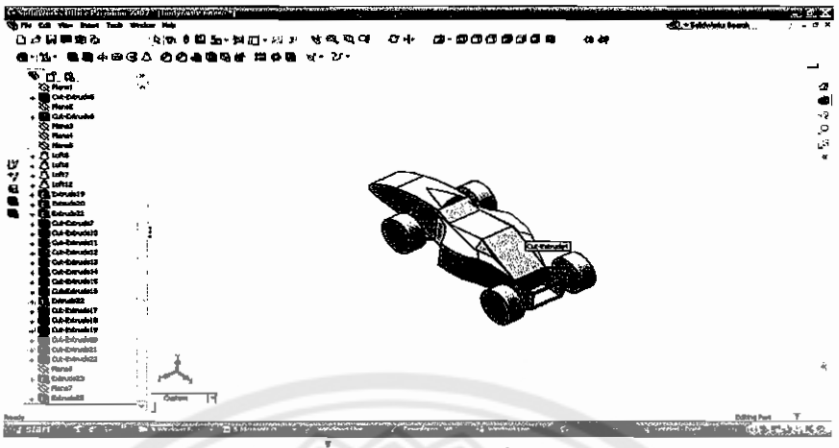
รูปที่ผก.8 การสร้างปีกนก

1.2.9 เข้าไปที่เมนู Insert --->Weldment ---> Structural Member แล้วเลือก Pipe และ**ขนาด** แล้วไปคลิกที่รูปที่วาดไว้จะได้ดังรูปที่ ผก.9



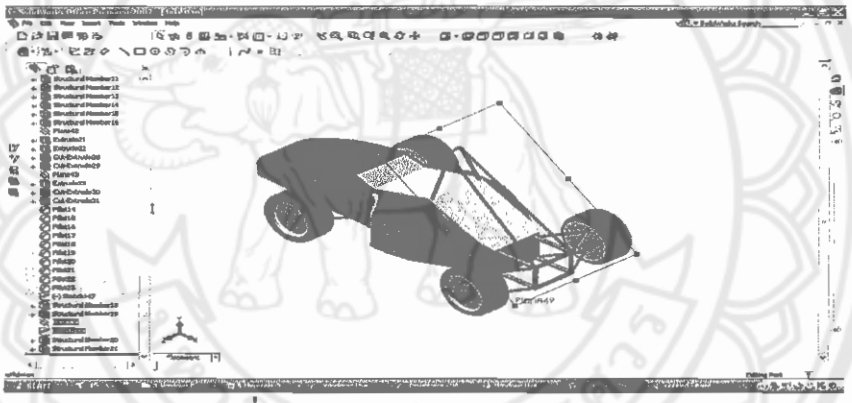
รูปที่ผก.9 ปีกนกที่สมบูรณ์

1.2.10 สร้าง Plane ใหม่ในตำแหน่งดังรูปที่ ผ.10 แล้วคลิก sketch วาดรูปตามแบบ **เสร็จ** แล้วคลิกที่ เลือก ยืดออกตามขนาดแล้วคลิก OK แล้วจะได้ล้อรถฟอร์มูล่า ทำเหมือ**นกัน** ทั้ง 4 ล้อ



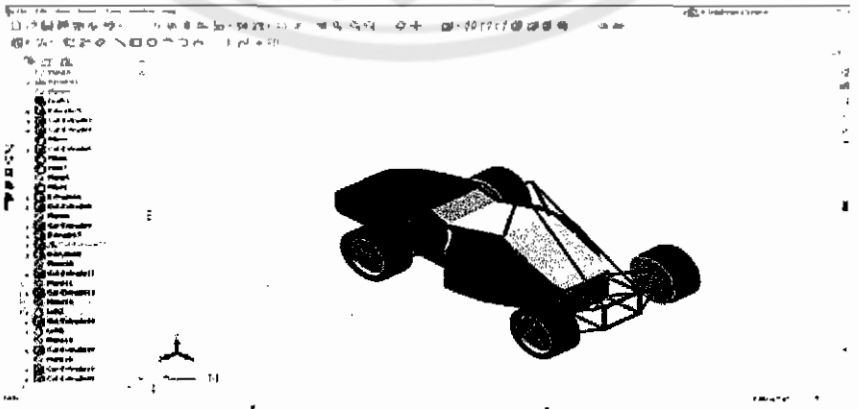
รูปที่ผก.10 การติดล้อรถ

1.2.11 ต่อไปสร้างโครงเหล็กกันกระแทก โดยสร้าง Plane ดังรูปที่ ผ.11 แล้วคลิก sketch วาดตามแบบ เสร็จแล้วคลิก sketch อีกครั้ง



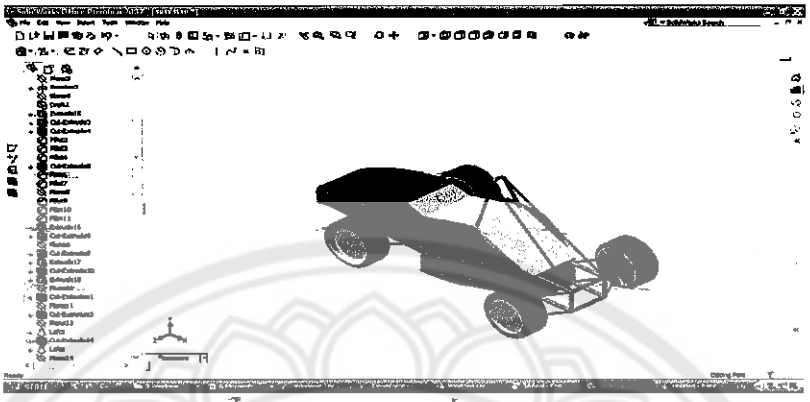
รูปที่ผก.11 การสร้างโครงกันกระแทก

1.2.12 เข้าไปที่เมนู Insert --->Weldment ---> Structural Member แล้วเลือก Pipe และขนาด แล้วไปคลิกที่รูปที่วาดไว้ในขั้นตอนที่ 1.2.11 จะได้ดังรูปที่ ผก.12



รูปที่ผก.12 โครงกันกระแทกที่สมบูรณ์

1.2.13 เมื่อเสร็จแล้วจะทำการลบเหลี่ยมมุมที่ไม่ต้องการ โดยคลิก เลือก แล้วไปคลิกที่เหลี่ยมที่ต้องการลบ กำหนดรัศมี เสร็จแล้วคลิก OK



รูปที่ผก.13 การลบมุมที่เราไม่ต้องการ

ก.2 การสร้างแบบจำลองรถฟอร์มูล่าขนาดเล็กเพื่อใช้ในการทดลองในอุโมงค์ลม

2.1 เริ่มจากการปั้นดินน้ำมันเพื่อให้ได้แบบจำลองรถฟอร์มูล่าที่มีขนาดย่อส่วน 18.2:1

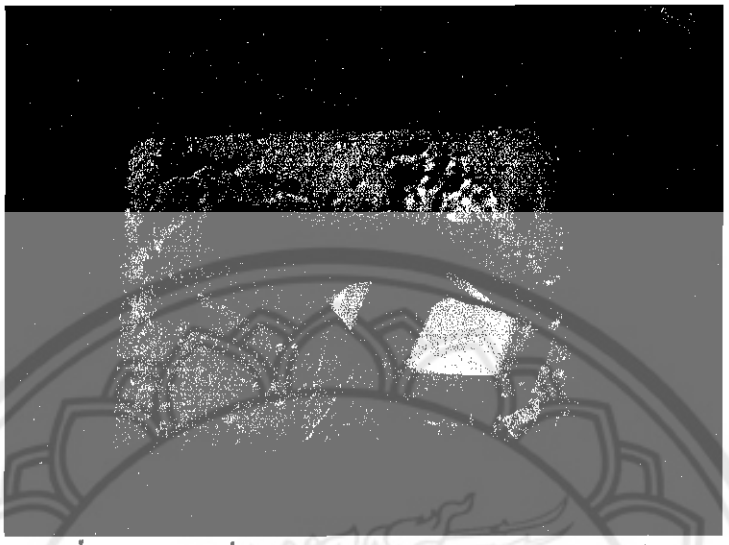
รูปที่ผก.14 ดินน้ำมันที่ปั้นย่อส่วน

2.2 นำแบบจำลองรถฟอร์มูล่าที่ได้จากการปั้นเสร็จแล้วไปวางไว้ในกล่องที่มีขนาดใหญ่กว่าแบบรถฟอร์มูล่าที่ปั้นมาเล็กน้อย

2.3 เทน้ำยางพาราลงที่แบบจำลองรถฟอร์มูล่าเล็กน้อย เพื่อให้น้ำยางพาราเคลือบผิวดินน้ำมันไว้

2.4 ให้น้ำยางพาราแห้งสนิทแล้ว ผสมปูนปลาสเตอร์ในอัตราส่วนที่พอเหมาะแล้ว นำไปเททับยางพาราที่เทไว้ก่อนหน้านั้นให้ท่วมแบบจำลองรถฟอร์มูล่า

2.5 ปล่อยไว้ให้ปูนแห้งสนิท แล้วทำการแกะเอาดินน้ำมันและเอากล่องออกมา เพราะว่าจะใช้ปูนปลาสเตอร์ไปหล่อเรซิ่นต่อไป



รูปที่ผก.15 แบบที่จะใช้ในการหล่อแบบจำลองรถฟอร์มูล่า

2.6 ผสมเรซิ่น 100 ส่วน ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 1 ส่วน นำไปเทในแบบปูนปลาสเตอร์ที่ได้

รูปที่ ผก.16 ทำการหล่อแบบจำลองรถฟอร์มูล่า

2.7 ปล่อยไว้ให้แห้งแล้วแกะเอาเฉพาะเรซิ่น ก็จะได้แบบจำลองรถฟอร์มูล่าตามที่ต้องการ

2.8 นำแบบจำลองรถฟอร์มูล่าที่ได้ ไปติดล้อและติดก้านเพลาและลงสีเพื่อให้ดูสวยงาม

รูปที่ผก.17 แบบจำลองรถฟอร์มูล่าที่เสร็จสมบูรณ์

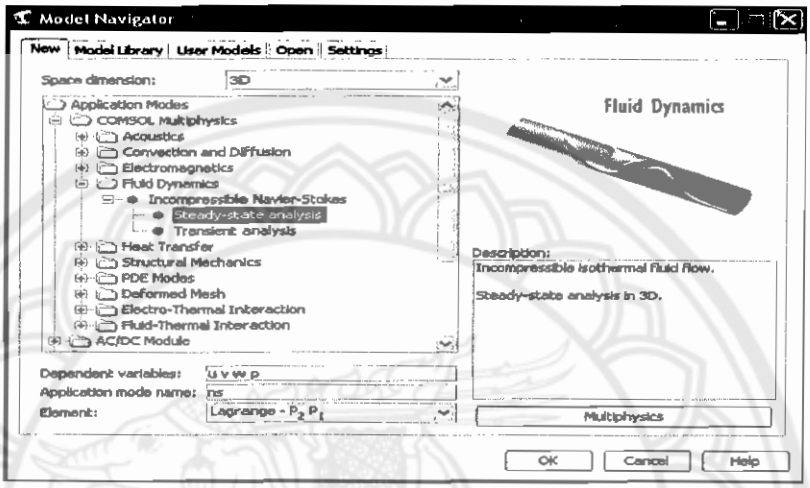
ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม COMSOL Multiphysics™ 3.2

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม COMSOL Multiphysics™ 3.2

ข.1 การเรียกใช้โปรแกรม COMSOL Multiphysics™ 3.2



รูปที่ผข.1 การเรียกหน้าแรกของโปรแกรม

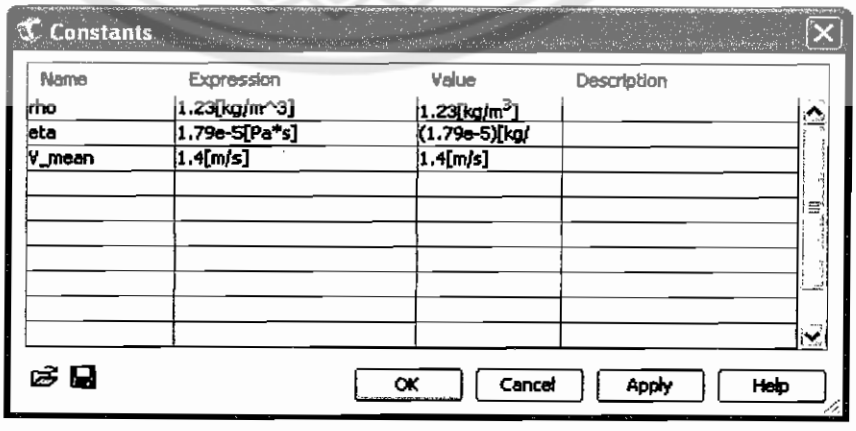
1.1 เปิดโปรแกรมขึ้นมา ที่ Tab Space dimension เลือก 3D และที่ Tab Application Modes เลือก Fluid Dynamics --> Incompressible Navier-Stokes --> Steady-state analysis

1.2 ที่ Setting เลือกหน่วย SI

1.3 คลิก OK เพื่อปิด Model Navigator และเข้าสู่หน้าต่างการทำงาน

ข.2 การเลือกตัวเลือกและการตั้งค่าการใช้งาน

2.1 คลิกที่ Options --> Constants และทำการกำหนดค่าต่างๆ ตามรูปที่ ผข.2



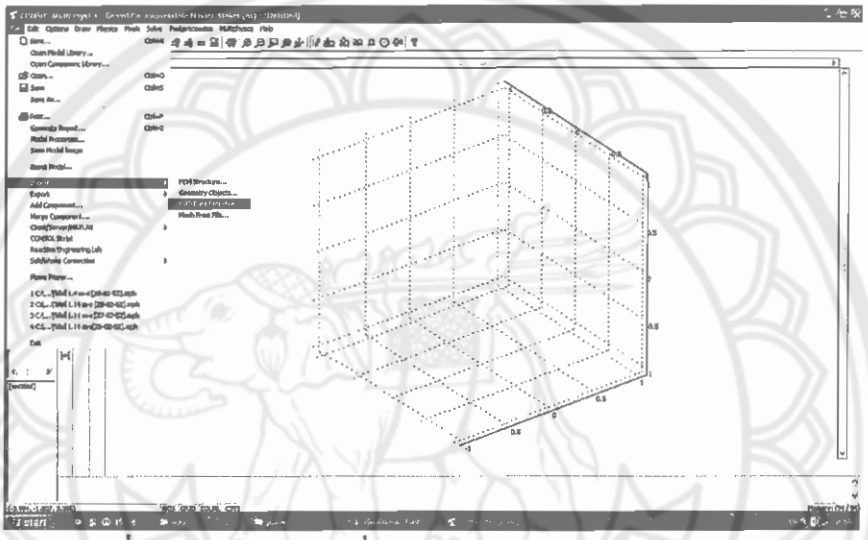
รูปที่ผข.2 การกำหนด ค่า Constants

ข.3 การ Import โมเดลวัตถุ

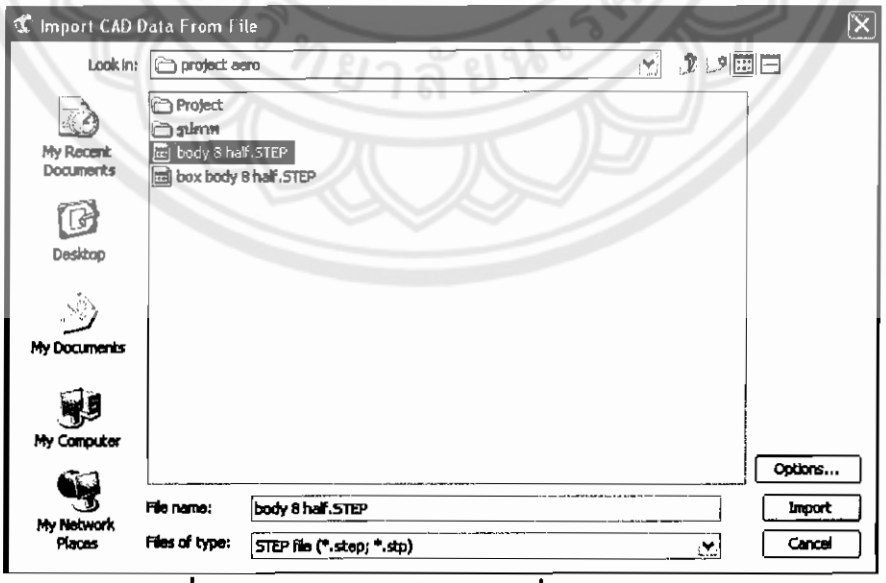
สำหรับการวิเคราะห์นี้จะเป็นการ Import แบบจำลอง flow domain และรถฟอร์มูล่า จาก Solid Files โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ที่ File Menu เลือก File --> Import --> CAD Data From File

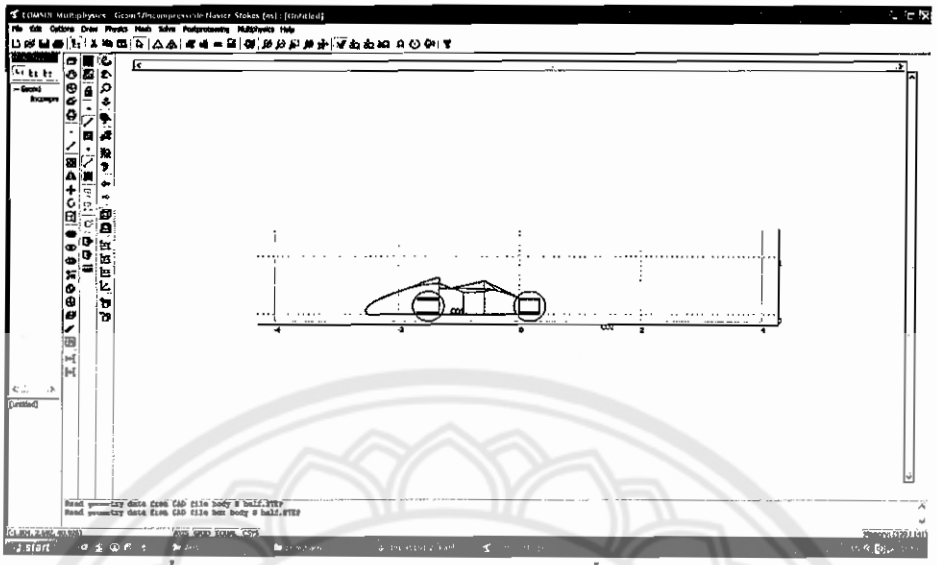
3.2 ที่หน้าต่าง CAD Data From File เลือก Solid File นามสกุล .STEP ตามที่ได้ทำการวาดไว้และ Save นามสกุลไว้แล้ว



รูปที่ ผข.3 การ Import เพื่อเลือก flow domain และรถฟอร์มูล่า



รูปที่ผข. 4 การเลือกไฟล์นามสกุลที่ใช้ในการ Import



รูปที่ผข. 5 flow domain และรถฟอร์มูล่าที่ได้จากการ Import

ข.4 การตั้งค่าในการวิเคราะห์

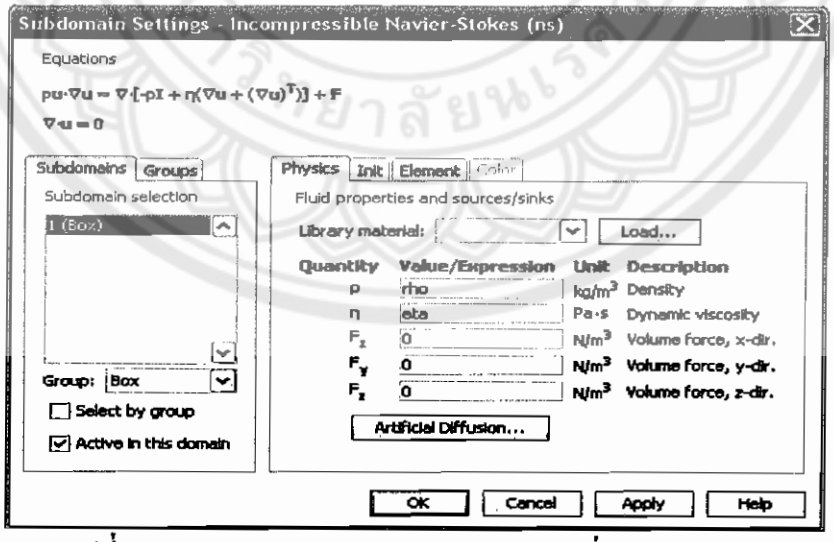
การกำหนด ค่า Subdomain Settings โดยไปที่ Tab Physics --> Subdomain Settings

4.1 เลือก Subdomain 1 กำหนดให้เป็น (Box)

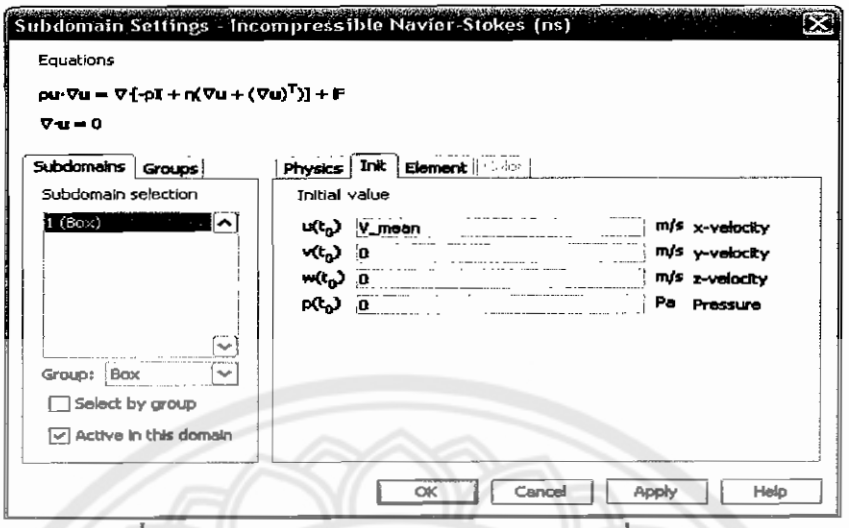
4.2 ที่ Density พิมพ์คำว่า rho

4.3 ที่ Dynamic viscosity พิมพ์คำว่า eta

4.4 คลิกที่ Init Tab เปลี่ยนค่า $u(t_0)$ โดยพิมพ์คำว่า V_mean แล้วกด OK



รูปที่ผข.6 การกำหนด ค่า Subdomain Setting ที่ Physics menu



รูปที่ผข.7 การกำหนด ค่า Subdomain Setting ที่ Init menu

การกำหนด ค่า Boundary Setting โดยไปที่ Tab Physics --> Boundary Setting

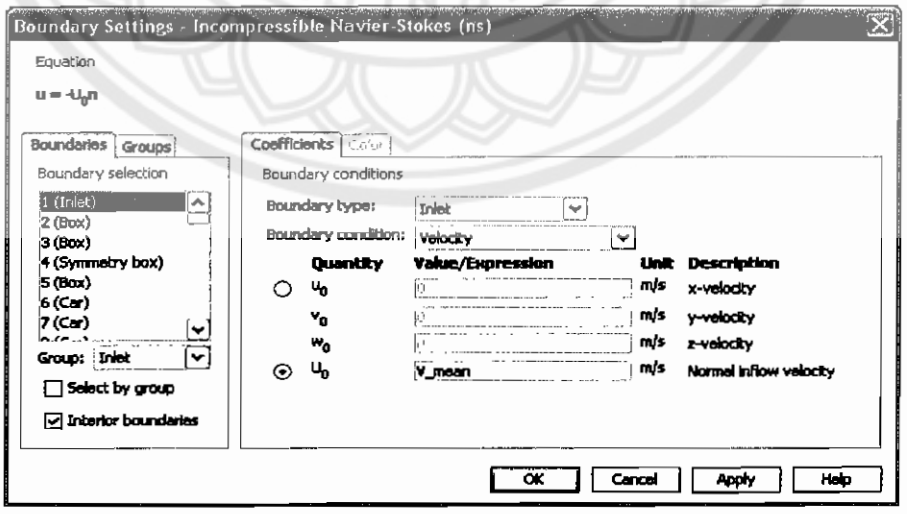
4.5 คลิกเลือก Boundaries 1 --> Boundary type เลือกเป็น Inlet และช่อง U_0 พิมพ์คำว่า V_mean

4.6 คลิกเลือก Boundaries 4 --> Boundary type เลือกเป็น Symmetry boundary

4.7 คลิกเลือก Boundary 63 --> Boundary type เลือกเป็น Outlet

4.8 คลิกเลือก Boundaries 2,3,5,6,7,8 และ 10-62 --> Boundary type เลือกเป็น Wall และช่อง Boundary conditions เลือกเป็น No slip

4.9 คลิกเครื่องหมายถูกช่อง Interior boundaries แล้วกด OK

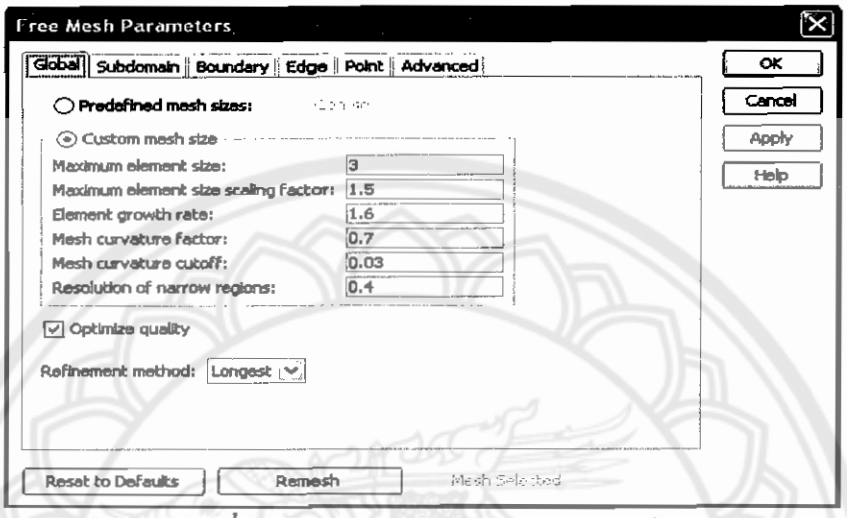


รูปที่ผข.8 การกำหนด ค่า Boundary Setting

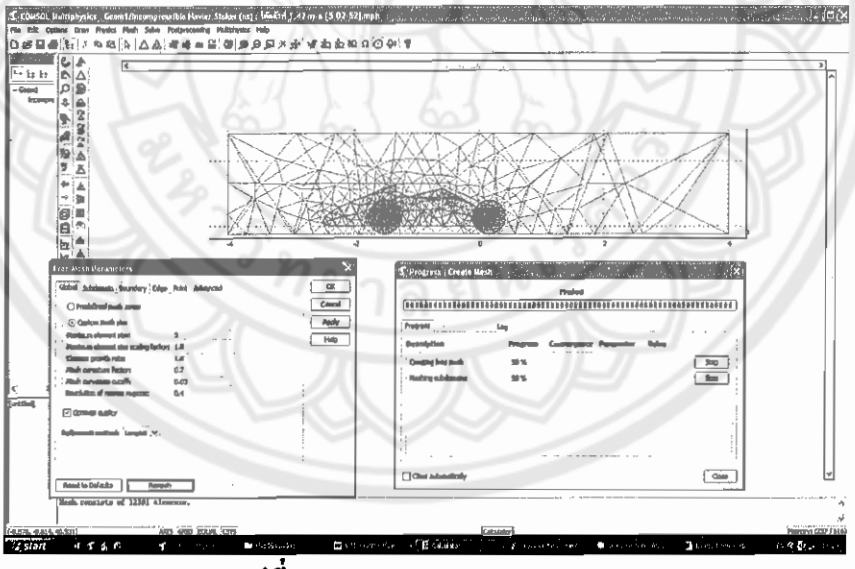
ข.5 การแบ่งเอลิเมนต์

5.1 คลิกที่ Mesh Menu เลือก Mesh --> Free Mesh Parameters ที่ช่อง Global Tab --> คลิกเลือก Custom mesh size เพื่อกำหนดความละเอียดของเอลิเมนต์เอง ดังรูปที่ ผ.9

5.2 คลิก Remesh และกด OK



รูปที่ผข.9 การกำหนดขนาดของเอลิเมนต์

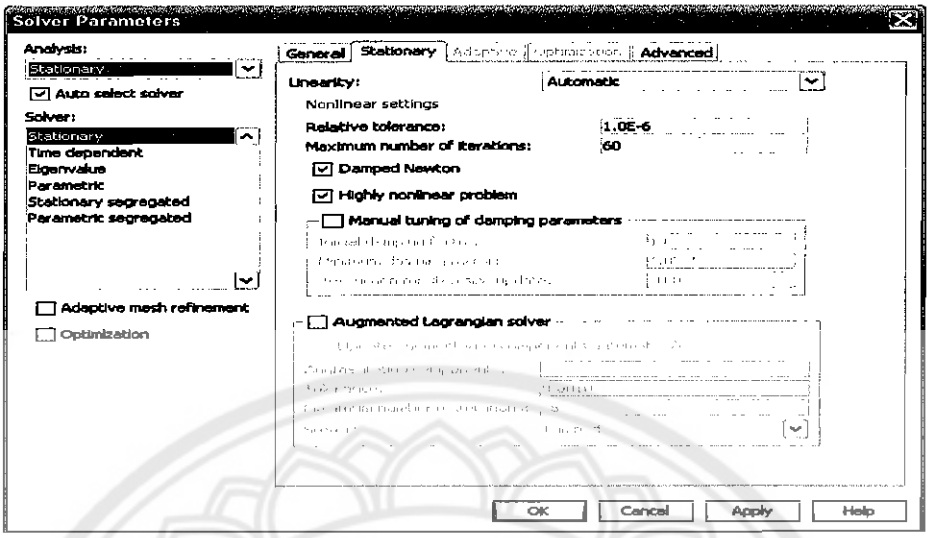


รูปที่ผข.10 การ Mesh Parameters

ข.6 การคำนวณผลเฉลย

6.1 คลิก Solve Menu เลือก Solver Parameters คลิกที่ Stationary Tab --> Maximum number of iterations เปลี่ยนค่าเป็น 60

6.2 คลิก Solve Menu เลือก Solver --> Solve Problem แล้วรอผลการคำนวณ

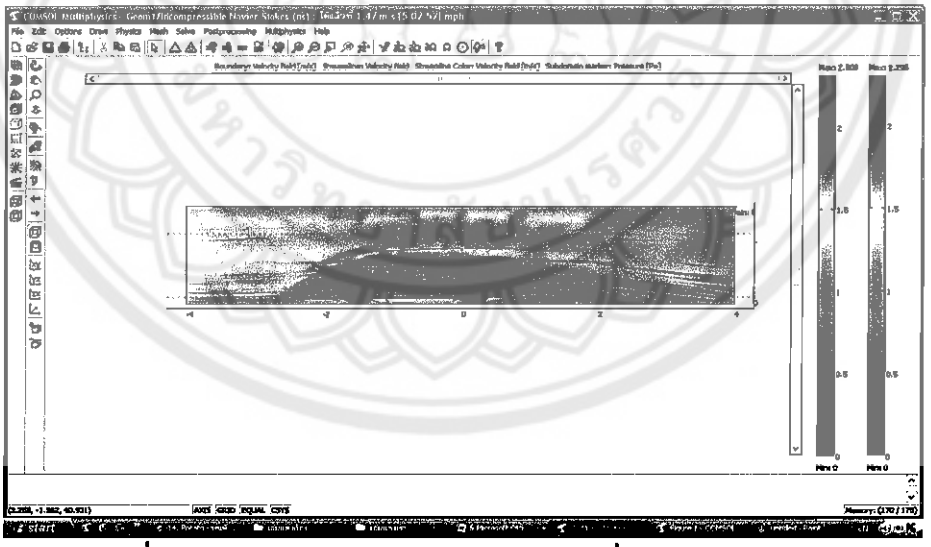


รูปที่ผข.11 การกำหนด ค่า Iterations

ข.7 การแสดงผลการวิเคราะห์

เมื่อโปรแกรมคำนวณเสร็จ จะทำการเลือกให้โปรแกรมแสดงค่า Boundary และ ค่า Streamline ดังนี้

7.1 คลิกที่ Postprocessing --> เลือก Plot Parameters --> คลิกที่ Tab General --> ที่ไอคอน Plot type ให้คลิกถูกหน้า ค่า Boundary และค่า Streamline จะได้ผลดังรูปที่ ผข.12



รูปที่ผข.12 ค่า Boundary และค่า Streamline ที่ความเร็ว 1.47 m/s

7.2 ทำซ้ำโดยเปลี่ยนความเร็วเป็น ดังนี้ 22.22, 27.78, 33.33 และ 41.67 m/s

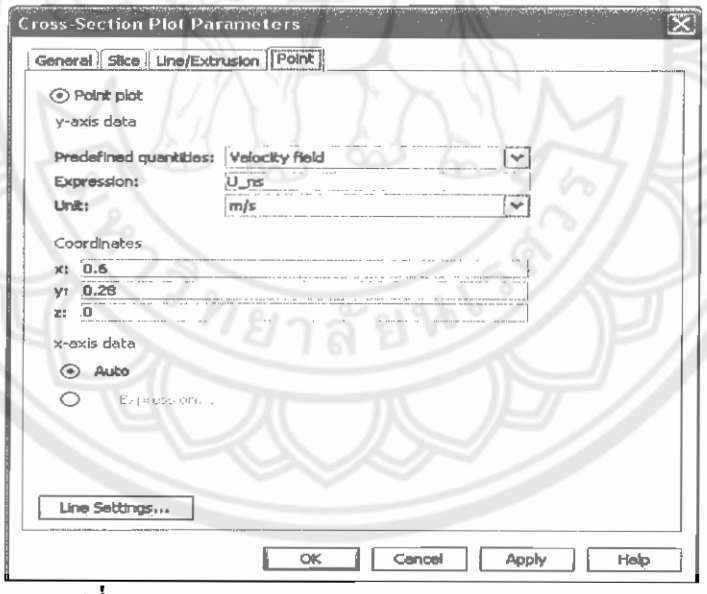
ภาคผนวก ค.
ตัวอย่างการคำนวณ

ภาคผนวก ค.
ตัวอย่างการคำนวณ

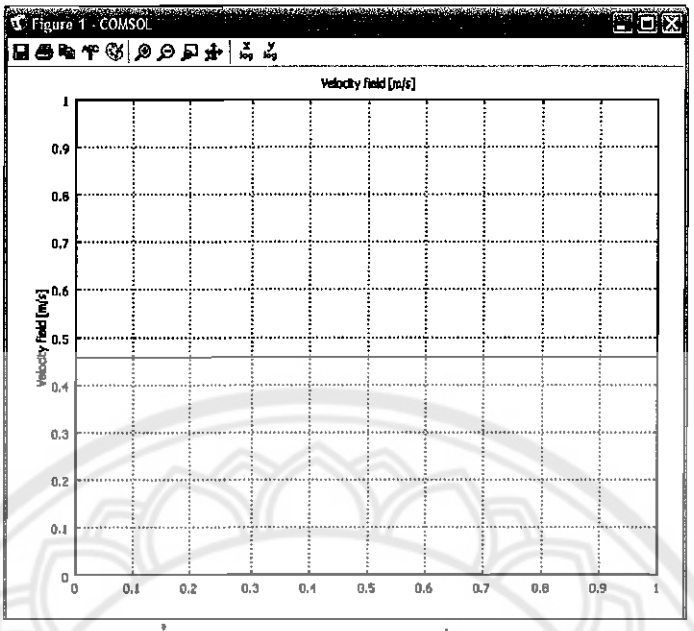
ค.1 การใช้โปรแกรม COMSOL Multiphysics™ 3.2 ในการประมวลผลความเร็วเทียบกับอุโมงค์ลม

หลังจากทำการเปรียบเทียบค่า Reynold Number ระหว่างการทดลองในอุโมงค์ลมกับการใช้โปรแกรม COMSOL ในการคำนวณแล้วนั้น ได้ค่าความเร็วทางเข้าเท่ากับ 1.47 m/s ซึ่งเราจะใช้ค่านี้เป็นค่าความเร็วที่ต้องใช้รันผลในโปรแกรม เพื่อดูผลการคำนวณในโปรแกรมว่า ระยะห่างด้านท้ายรถยนต์ที่จุด x = 0.6 y = 0.28 และ z = 0 นั้นจะได้ค่าความเร็วที่ใกล้เคียงกับที่ทดลองในอุโมงค์ลมหรือไม่ (ในอุโมงค์ลมที่จุด x = 0.6 y = 0.28 และ z = 0 ได้ค่าความเร็วเท่ากับ 0.466)

คลิกที่ Menu Postprocessing --> Cross-section Plot Parameters --> Point --> y-axis data เปลี่ยนค่า Predefined quantities ให้เป็นค่า Velocity field และค่า Unit ปรับหน่วยให้เป็น m/s --> Coordinate ปรับจุดให้เป็นดังนี้ x=0.6, y=0.28, z=0 แล้วกด OK ดังรูป



รูปที่ผค.1 การกำหนด Cross-section Plot Parameters

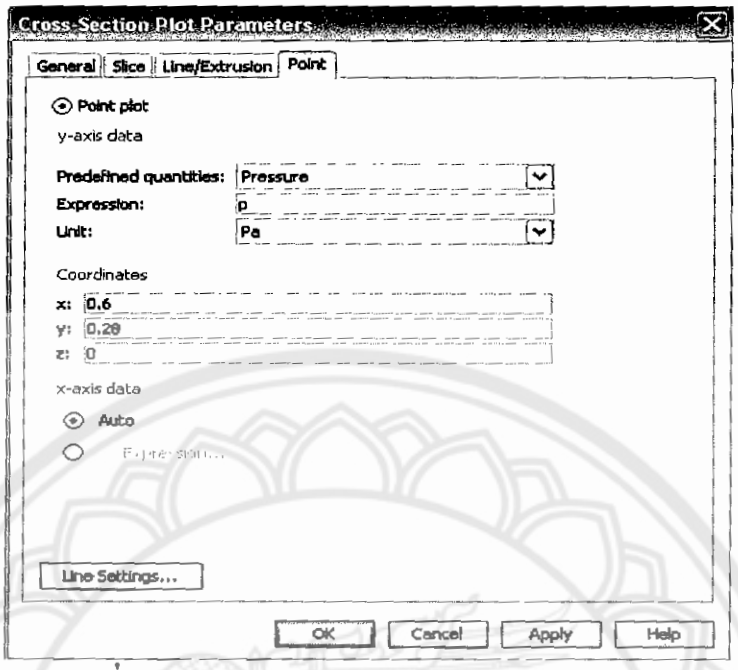


รูปที่ผค.2 กราฟแสดงความเร็ว 1.47 m/s

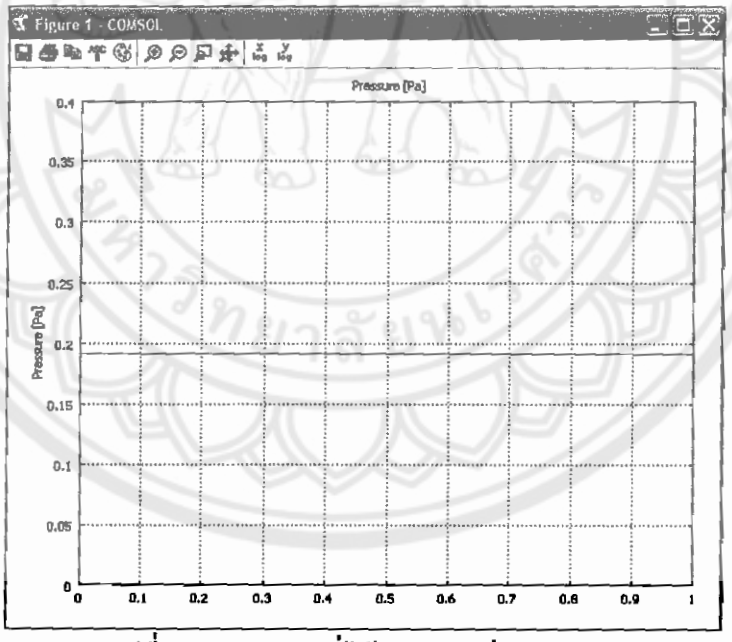
ซึ่งจากการอ่านกราฟ ความเร็วที่ได้คือ ประมาณ 0.458 ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองในอุโมงค์นั้นมีค่าความผิดพลาด เท่ากับ 1.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการคำนวณของโปรแกรมที่ ได้นั้นถือว่ามีความใกล้เคียงกันกับการทดลองในอุโมงค์ลม

ต่อไปจะทำการหาแรงดันของอากาศที่กระทำกับตัวรถฟอร์มูล่าดังนี้

1) คลิกที่ Menu Postprocessing --> Cross-section Plot Parameters --> Point --> y-axis data เปลี่ยนค่า Predefined quantities ให้เป็นค่า Pressure และค่า Unit ปรับหน่วยให้เป็น Pa -> Coordinate ปรับจุดให้เป็นดังนี้ x=(-2.5), y=0.28, z=0 และจุด x=0.6, y=0.28, z=0 แล้วกด OK ดังรูป



รูปที่ผค.3 การกำหนด Cross-section Plot Parameters



รูปที่ผค.4 ความดันที่ได้ ณ ความเร็ว 1.47 m/s

ซึ่งความดันที่ได้จากกราฟ ผค.4 ที่จุด x=-2.5, y=0.28, z=0 คือ 0.188 Pa

และจุด x=0.6, y=0.28 และ z=0 คือ 1.792 Pa

2) ทำซ้ำ โดยเปลี่ยนค่าความเร็วเป็น ดังนี้ 22.22, 27.78, 33.33 และ 41.67 m/s แล้วบันทึกผลการคำนวณที่ได้

ค.2 การหาพื้นที่หน้าตัดของรถฟอร์มูล่า [3]

เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของรถฟอร์มูล่าไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยม กล่าวคือ มีส่วนเว้าส่วนนูนตามความสวยงามของการออกแบบ จึงต้องมีการประมาณค่าพื้นที่หน้าตัดของรถฟอร์มูล่า โดยมีการกำหนดค่าดังนี้

สำหรับรถบรรทุก $A = B \times H$

สำหรับรถยนต์ $A = 0.78(W \times H)$

(สมมติให้รูปร่างของรถฟอร์มูล่าคล้ายกับรถยนต์)

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถฟอร์มูล่า (m^2)

B คือ ช่วงกว้างของล้อรถฟอร์มูล่า (m)

H คือ ความสูงของรถฟอร์มูล่าวัดจากพื้นถึงจุดสูงสุดของรถฟอร์มูล่า (m)

W คือ ความกว้างของรถฟอร์มูล่า (m)

โดยให้รถฟอร์มูล่าเปรียบเป็นรถยนต์ จะได้พื้นที่หน้าตัดด้านหน้ารถฟอร์มูล่า

จาก $A = 0.78W \times H$

โดย $W = 1.36$ m, $H = 0.76$ m

จะได้ $A = 0.78 \times 1.36 \times 0.76$

$= 0.8\ m^2$

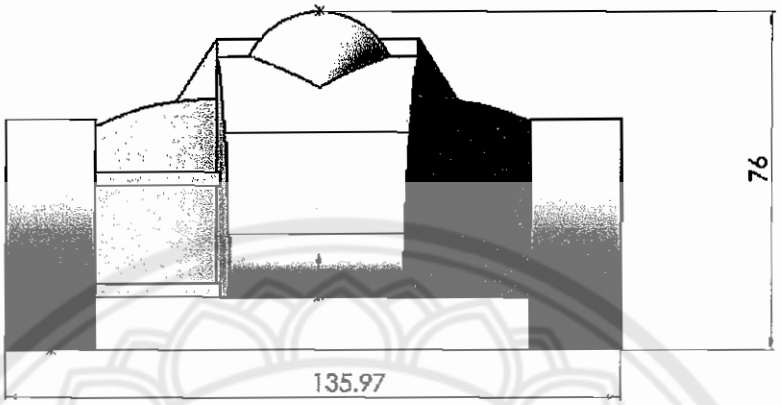
ดังนั้นจะได้พื้นที่หน้าตัดด้านหน้ารถฟอร์มูล่าเท่ากับ $0.8\ m^2$

และพื้นที่หน้าตัดด้านบนรถฟอร์มูล่า หาจาก

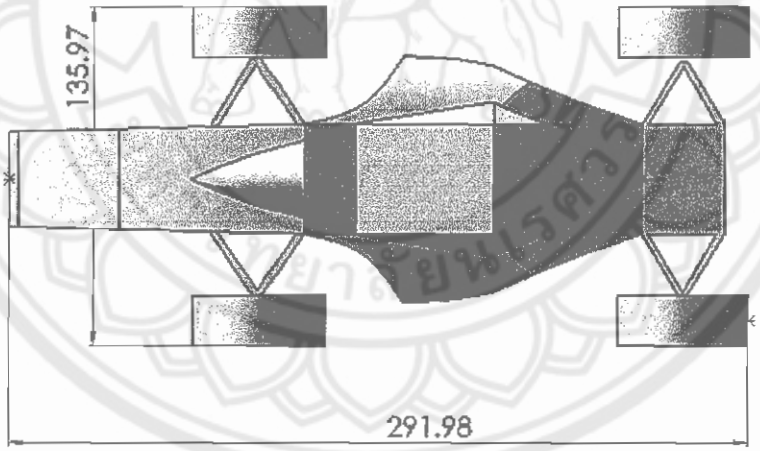
$A = 0.78 \times 1.36 \times 2.92$

$= 3.1\ m^2$

ดังนั้นจะได้พื้นที่หน้าตัดด้านบนของรถฟอร์มูล่าเท่ากับ $3.1\ m^2$



รูปที่ผค.5 พื้นที่หน้าตัดด้านหน้ารถในหน่วยเซนติเมตร



รูปที่ ผค.6 พื้นที่หน้าตัดด้านบนในหน่วยเซนติเมตร