

# METODE KOMPUTASI FLUIDA

## TM184757

Team Pengajar:

- Nur Ikhwan
- Vivien Suphandani D.
- Wawan Aries W.
- Sutardi



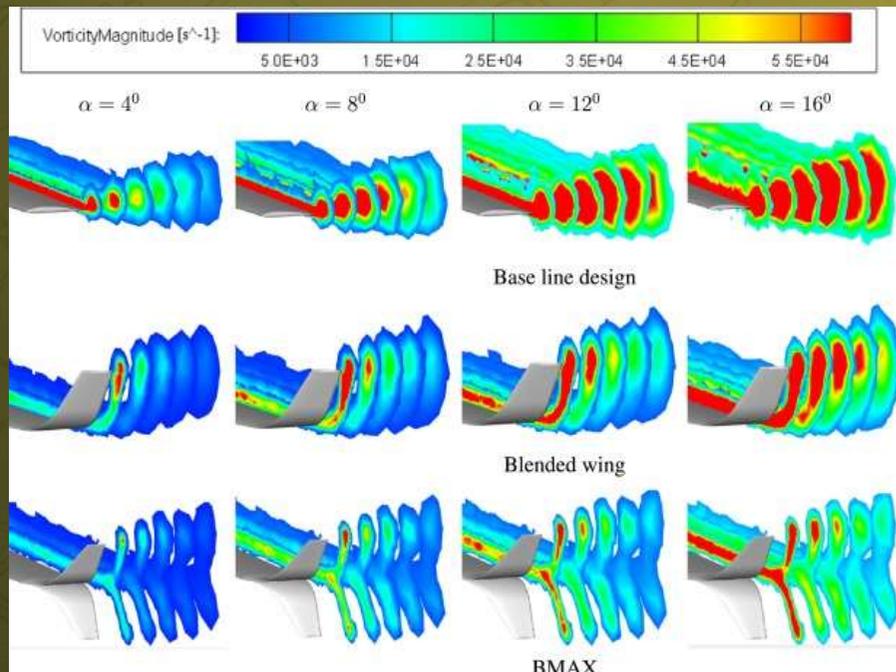
# LINGKUP MATERI PEMBELAJARAN

1. Konsep dasar dan prinsip kerja dari software Computational Fluid Dynamics (CFD)
2. Karakteristik persamaan Navier-Stokes sebagai “Governing Equation”
3. Metode diskretisasi untuk tiap ruas persamaan Navier-Stokes.
4. Metode penyelesaian matriks untuk persamaan Navier-Stokes.
5. Menggunakan syarat batas yang sesuai untuk menyelesaikan simulasi
6. Pemodelan turbulensi dalam CFD
7. Pengenalan topik lanjut dalam CFD

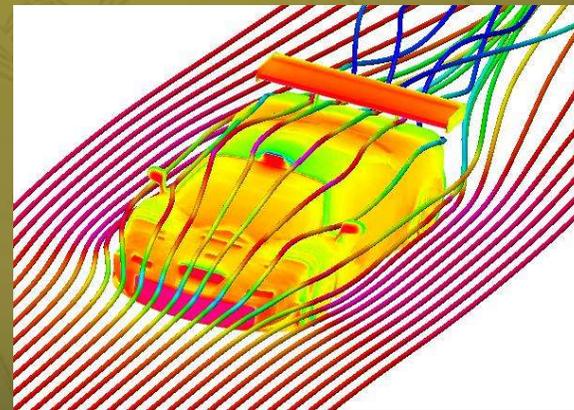
# APLIKASI CFD

CFD adalah ilmu yang digunakan oleh banyak berbagai bidang studi.

1. Aerodinamika pesawat dan kendaraan darat: mengoptimalkan gaya angkat (lift) dan meminimalkan gaya hambat (drag).

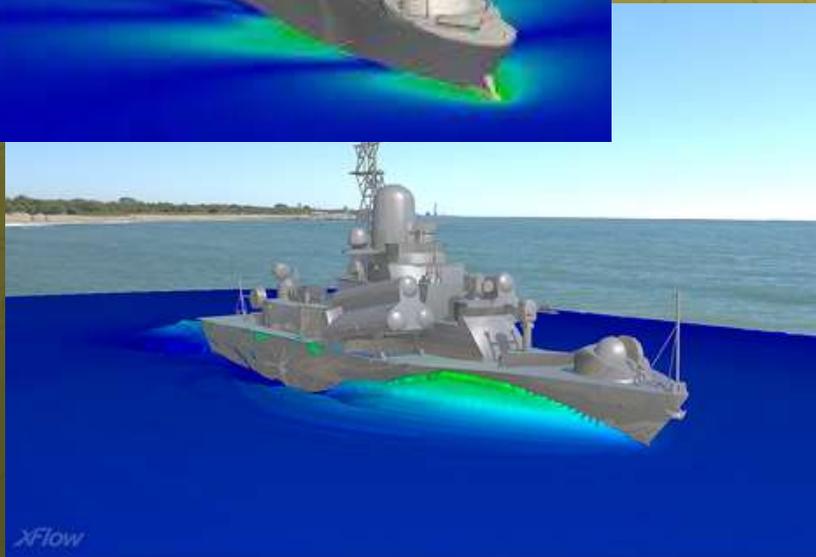
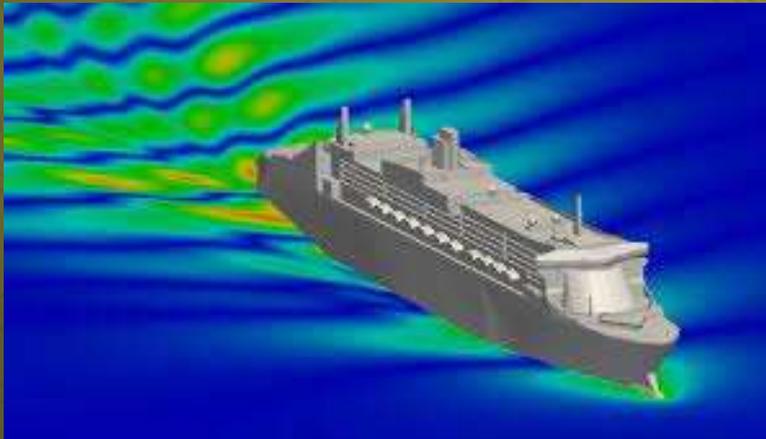


- Winglet (ujung sayap pesawat terbang) yang optimum didapat dari CFD dan eksperimen.
- Winglet mampu mengurangi gaya drag dan mengurangi konsumsi bbm sekitar 3%.
- Spoiler kendaraan dapat meningkatkan downforce dan daya cengkram roda



# APLIKASI CFD

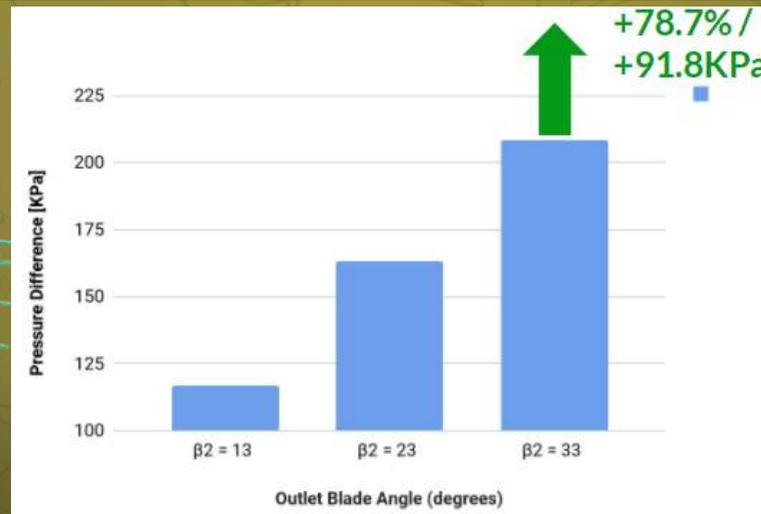
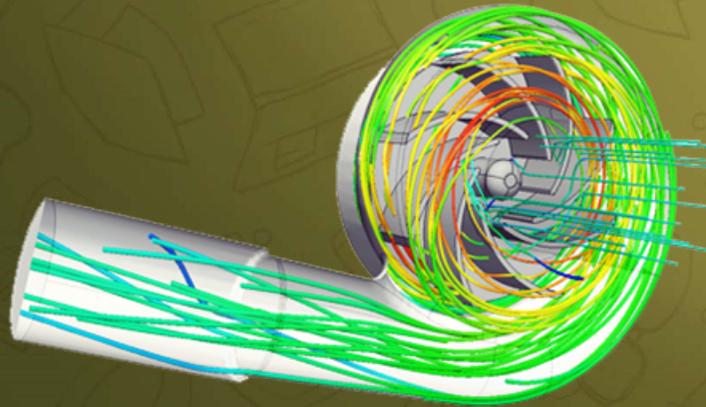
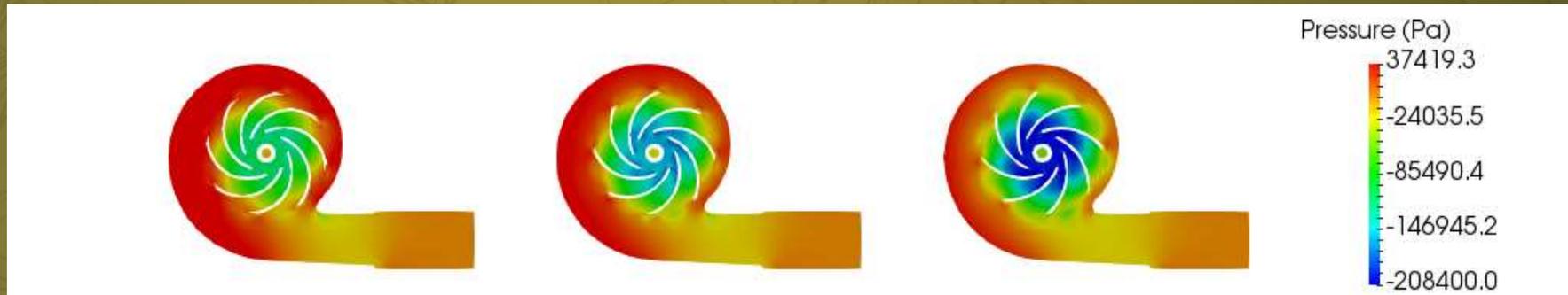
## 2. Hidrodinamika kapal: mendesain geometri kapal yang memiliki gaya hambat (drag) yang minimal



- Kapal barang atau penumpang lebih menekankan kapasitas. Optimasi bentuk hanya untuk meminimalkan gaya drag (hambat)
- Kapal perang lebih mengutamakan kecepatan. Bentuk kapal dapat dirancang untuk menghasilkan drag minimum dan kecepatan maksimum.

# APLIKASI CFD

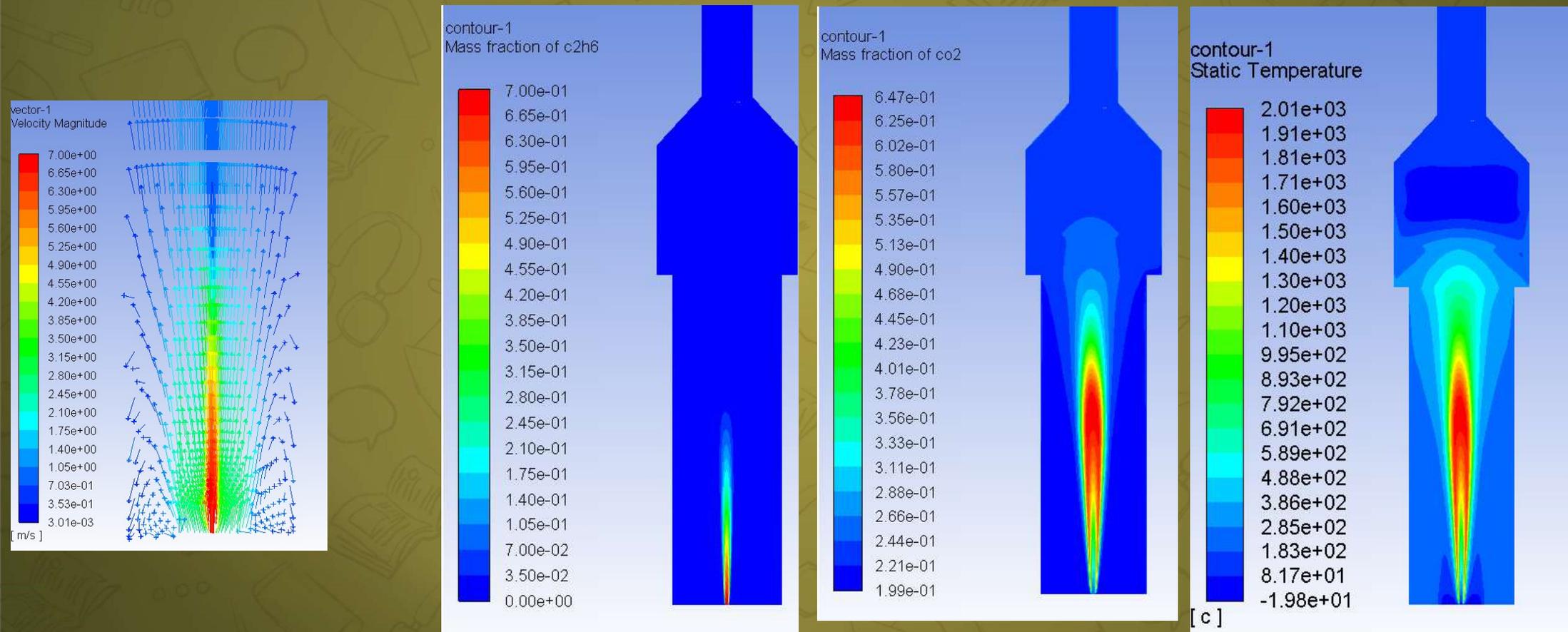
3. Turbomachinery: mendesain bentuk impeler atau sudu di pompa, kompresor dan turbin agar menghasilkan efisiensi dan kinerja yang maksimum



Efek sudut keluar impeler terhadap kenaikan tekanan di discharge pompa

# APLIKASI CFD

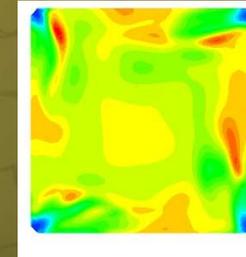
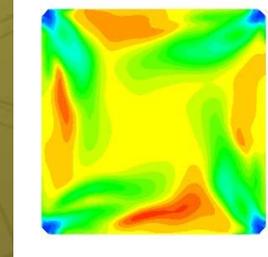
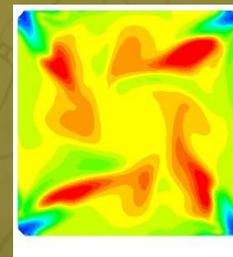
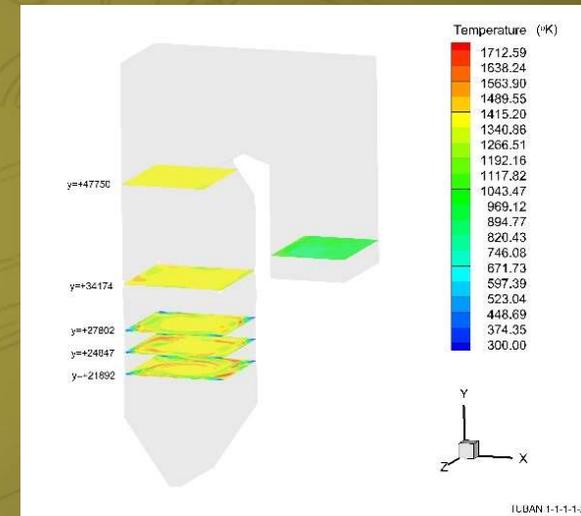
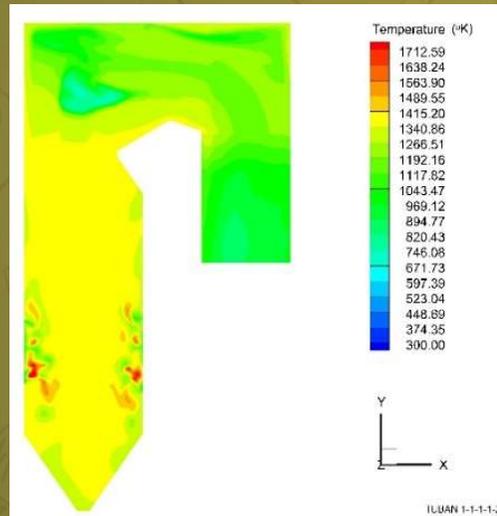
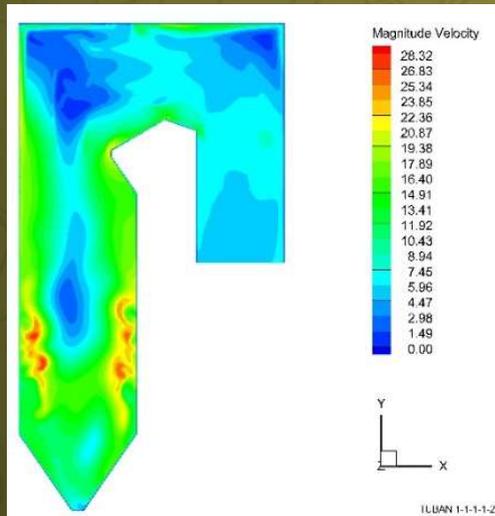
## 4. Teknik kimia: Memaksimalkan proses mixing, separasi dan reaksi kimia



Pembakaran gas sisa proses sebagai pemanas minyak di Kilang Minyak (Thermal Oxidiser)

# APLIKASI CFD

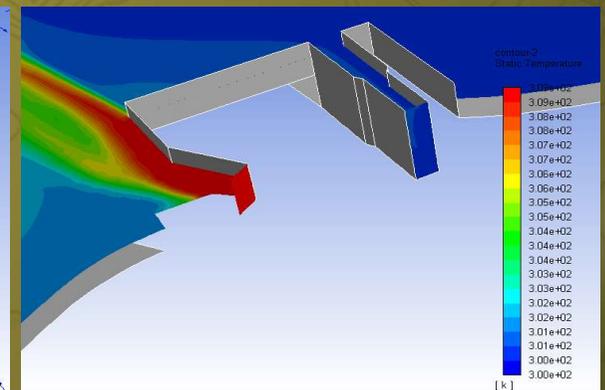
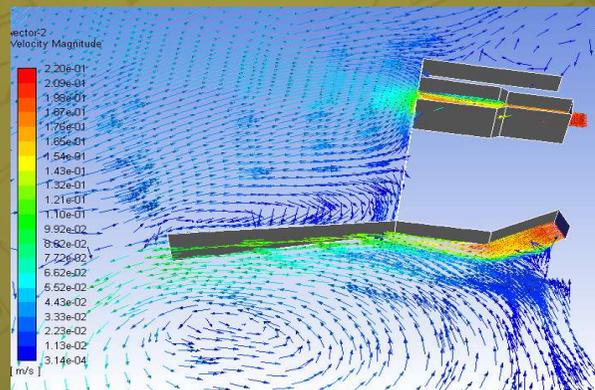
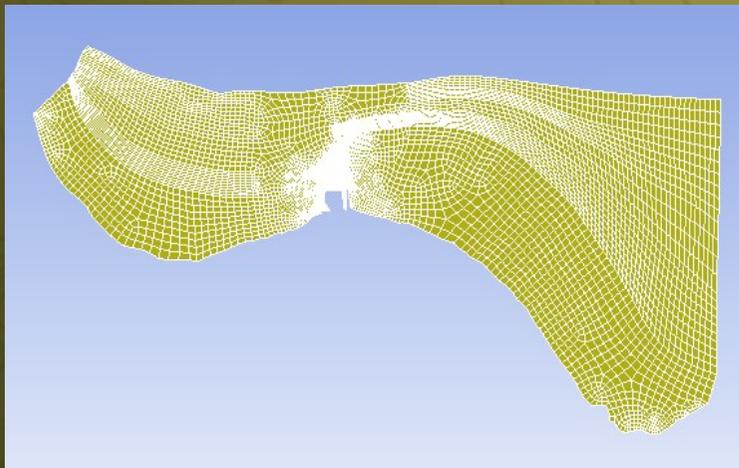
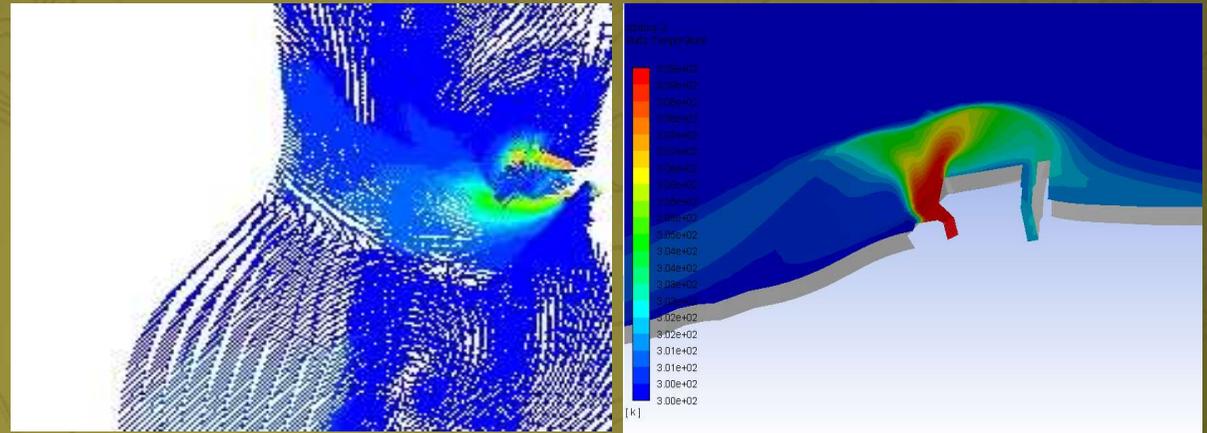
5. Pembangkit listrik (power plant): peningkatan efisiensi pembakaran dan perpindahan panas di motor torak (internal combustion engine), boiler dan turbin gas



Kontur temperature pada sudut tilting -50, mill temperature 650C, mesh 200,PA-coal flow=2.0, dan PA-SA= design (0.4)

# APLIKASI CFD

6. Teknik Lingkungan: Memprediksi penyebaran polutan dan gas yang berbahaya, dan merancang sistem ventilasi yang baik.

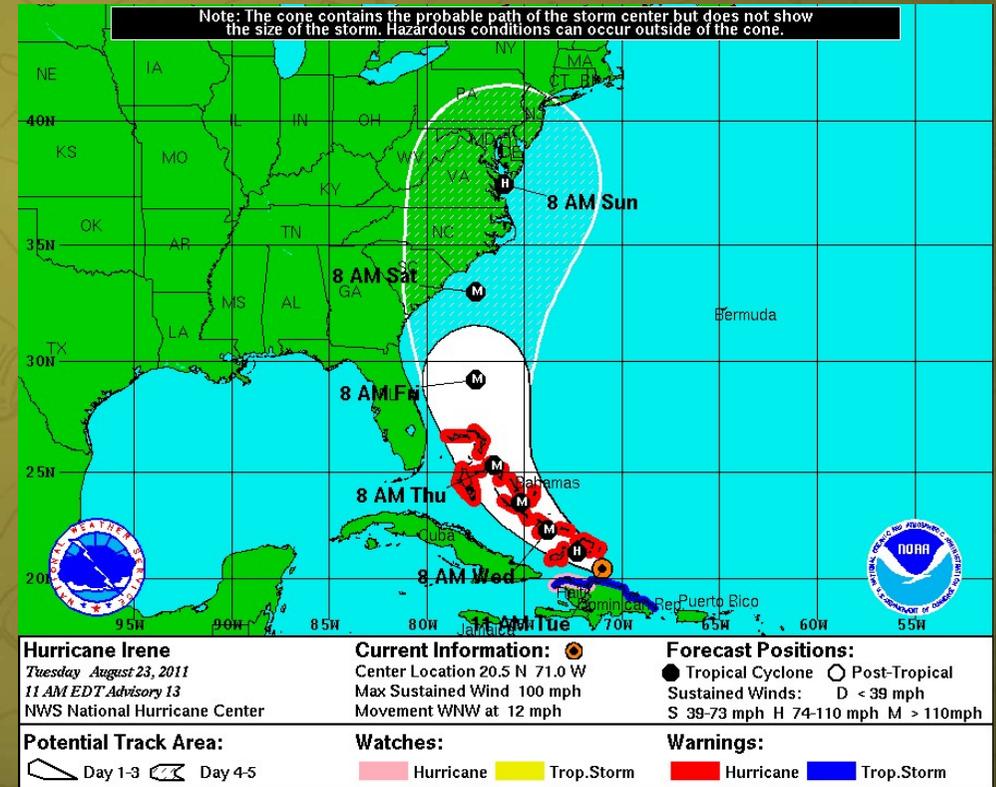
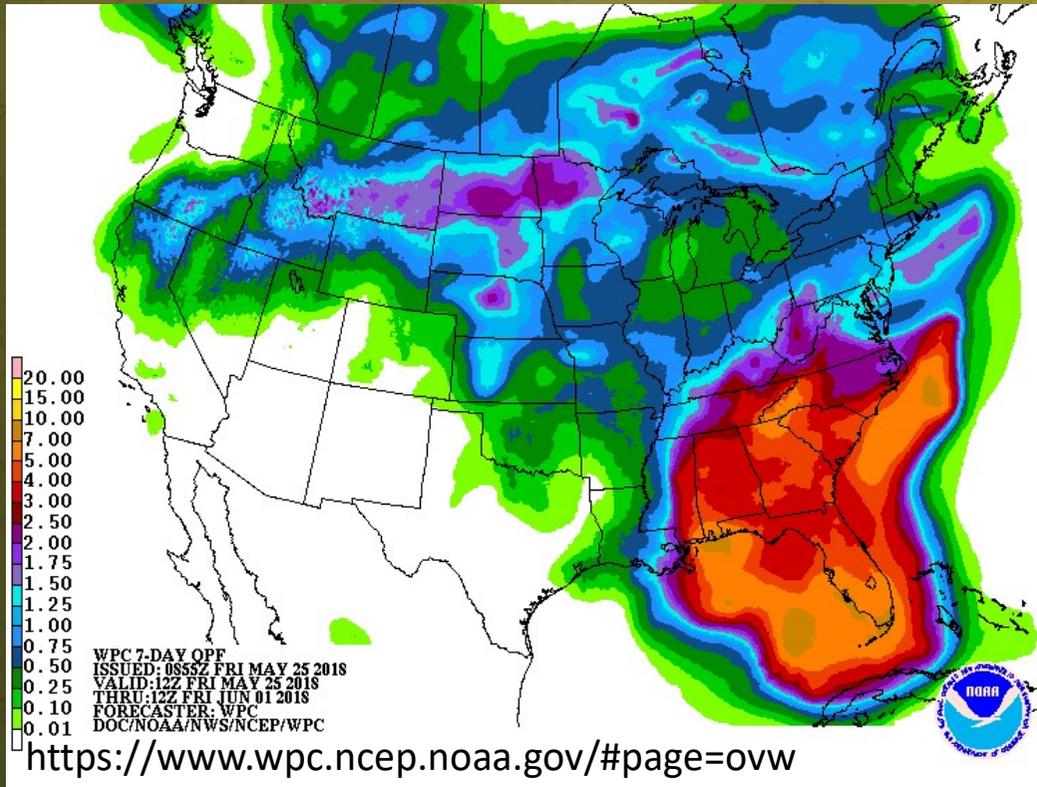


Sistem outfall (buangan air pendingin) tidak boleh tercampur dengan air masuk (intake)

# APLIKASI CFD

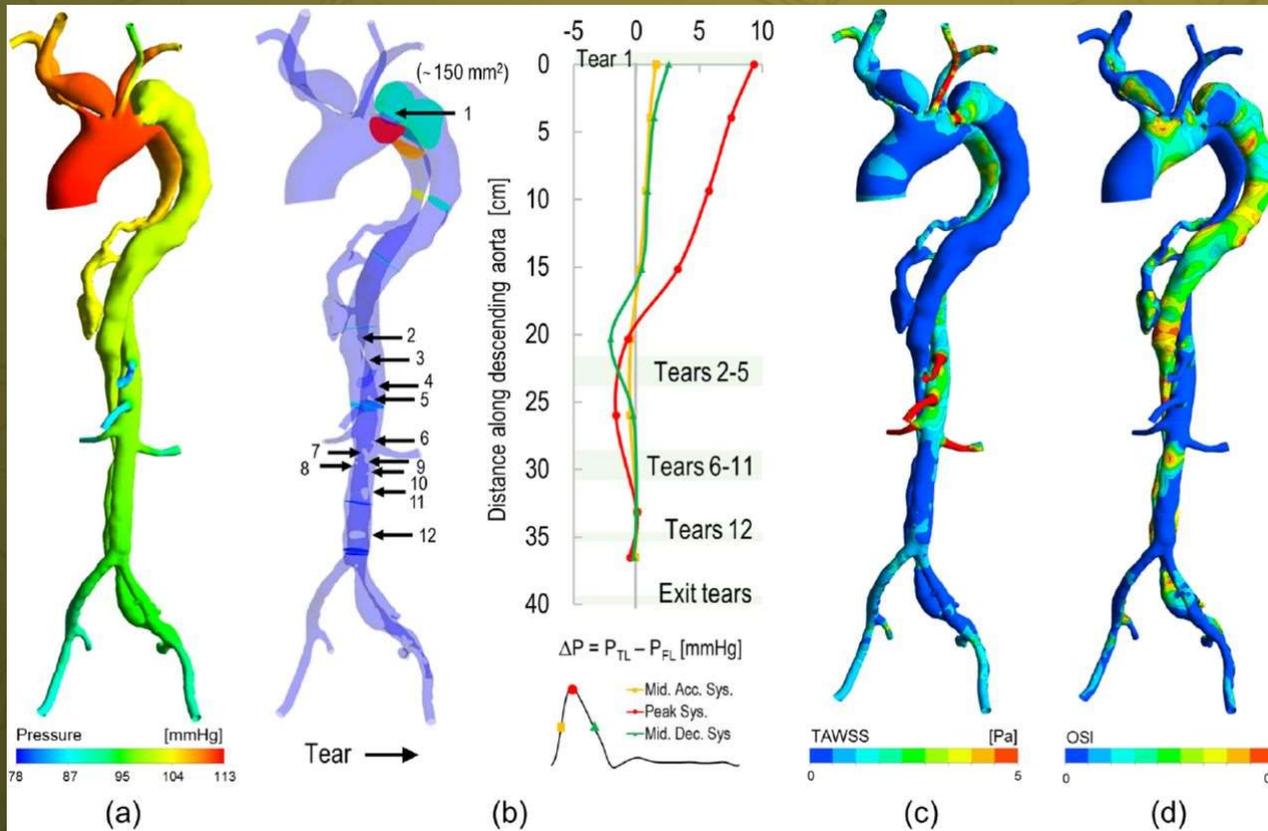
## 7. Meteorologi: memprediksi cuaca dengan lebih akurat dan jangka waktu yang lebih lama

- Ramalan cuaca biasanya hanya sampai 3 hari ke depan
- Dengan simulasi menggunakan super computer, ramalan bisa dilakukan untuk 8 hari ke depan.



# APLIKASI CFD

## 8. Bio-medis: memprediksi aliran darah melalui jantung dan pembuluh darah



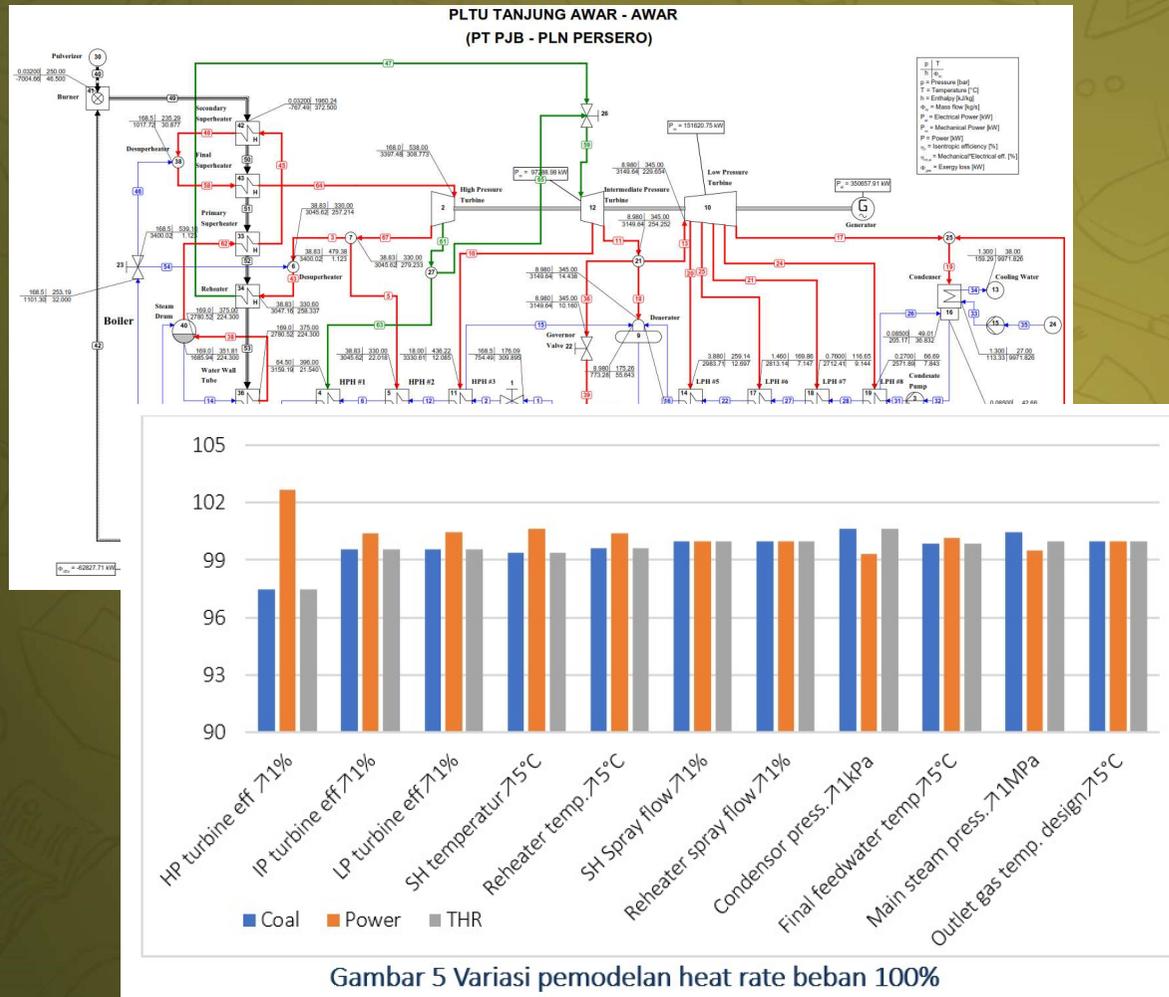
### Tantangan:

- Darah adalah fluida dengan suspensi dan bersifat non-Newtonian.
- Pembuluh darah adalah “pipa” yang fleksibel dan permeable terhadap fluida tertentu.

# APLIKASI CFD

- Dari contoh aplikasi diatas, hampir semua aplikasi juga mempunyai software khusus yang dikembangkan berdasarkan persamaan yang sama (Navier-Stokes), tetapi dengan menambahkan beberapa asumsi/penyederhanaan.
- Hal ini menyebabkan software khusus lebih sederhana tetapi memiliki lingkup aplikasi yang terbatas. Contoh software khusus yang banyak beredar adalah software untuk power plant dan Hidrologi

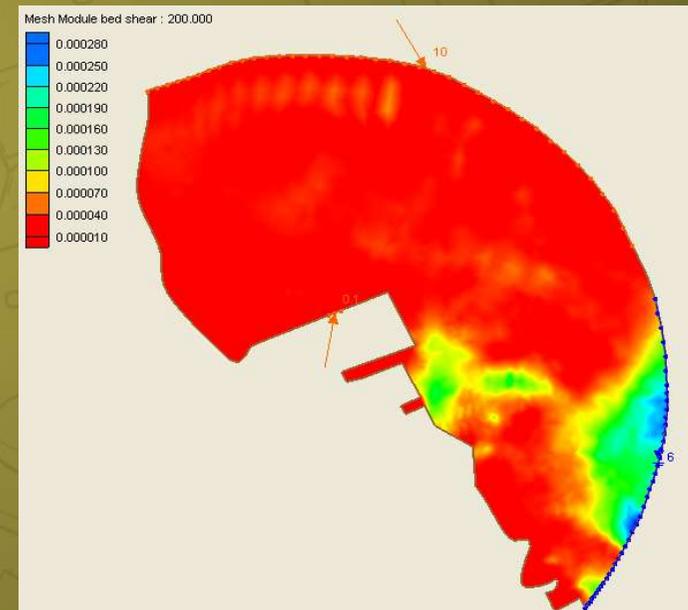
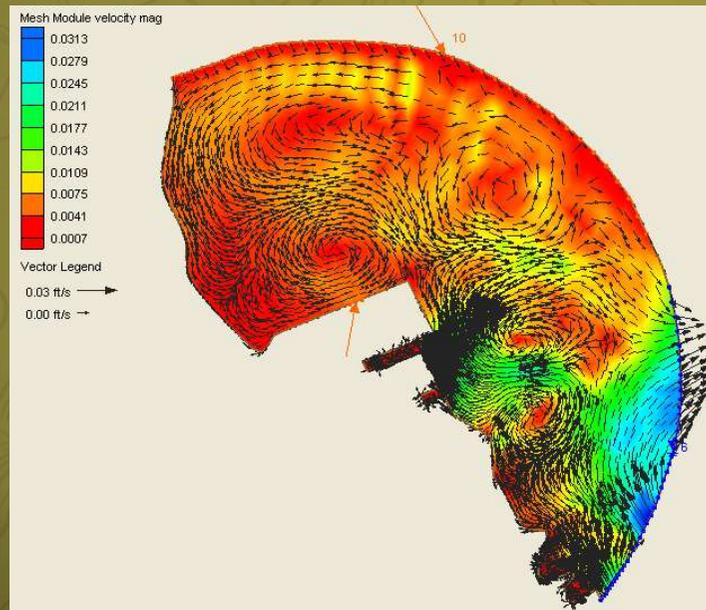
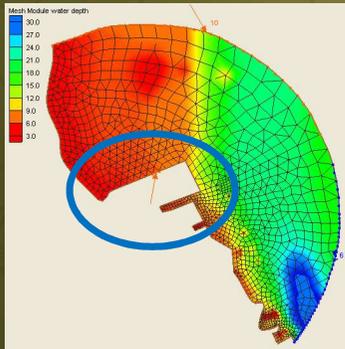
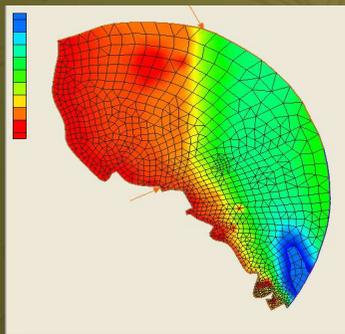
# APLIKASI CFD



Software power plant (misalnya: Gate Cycle dan HRS-G-SIM) dikembangkan dari persamaan termodinamika, perpindahan panas dan mekanika fluida dan dapat dipakai untuk memprediksi kondisi kerja peralatan yang ada di power plan. Karena software menggunakan asumsi bahwa aliran bersifat seragam (uniform) dan analisisnya bersifat global, penyimpangan unjuk kerja peralatan yang disebabkan oleh separasi atau turbulensi yang tinggi tidak dapat diprediksi dengan baik

# APLIKASI CFD

Software Hidrologi dikembangkan dari diskretisasi persamaan Navier-Stokes yang disederhanakan dan bersifat dua-dimensi. Akibatnya software ini tidak mampu memprediksi perubahan aliran atau polutan ke arah vertikal dan tidak peka terhadap perubahan turbulensi.



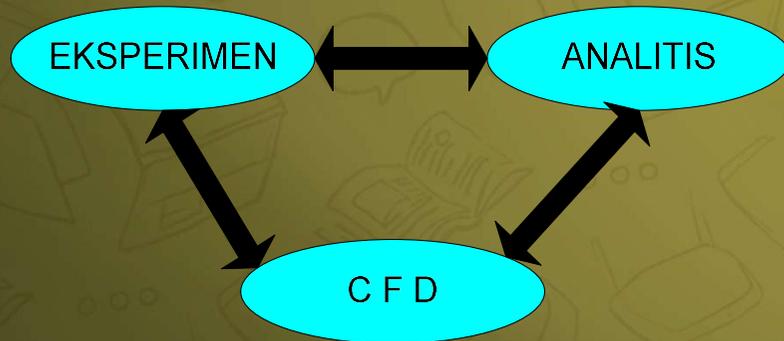
Simulasi dengan software SMS untuk mengetahui efek reklamasi di pantai terhadap sedimentasi di sekitarnya.

# APLIKASI CFD

- Pada era tahun 60-an, hardware komputer belum banyak berkembang.
- Software CFD hanya digunakan oleh industri besar seperti industri kedirgantaraan (aerospace) dan penggunaan software masih sangat terbatas pada aplikasi tertentu.
- Perkembangan hardware mengalami pertumbuhan yang pesat pada era tahun 90-an.
- Perkembangan ini juga diikuti oleh perkembangan metode komputasi yang lebih kompleks dan memiliki kemampuan yang lebih bagus.
- Hal ini menyebabkan aplikasi software CFD berkembang ke berbagai bidang, mulai dari industri kedirgantaraan sampai bio-medis

# KONSEP DASAR

- Computational Fluid Dynamics / CFD (mekanika Fluida Komputasi) adalah cabang dari ilmu Mekanika Fluida (Fluid Dynamics) yang menggunakan metode komputasi berbasis komputer untuk menyelesaikan persamaan pengendali (Navier-Stokes, energi, dll).
- CFD memiliki hubungan yang erat dengan metode analitis dan eksperimen dalam ilmu Mekanika Fluida .



- Eksperimen sebagai validasi dari hasil CFD
- CFD digunakan sebagai acuan rancangan dasar sebelum membuat alat eksperimen
- Analitis menentukan variable penting dalam CFD
- CFD membantu menyederhanakan proses analitis

# KONSEP DASAR

software CFD terdiri tiga komponen utama:

## a) Pre-processing

- Berfungsi untuk menyusun geometri dari domain aliran, melakukan meshing (memecah domain menjadi beberapa area atau volume yang lebih kecil yang disebut sebagai elemen) dan menentukan syarat batas (boundary condition) aliran. Karena geometri domain aliran yang kompleks dan kepekaan akurasi hasil terhadap kualitas meshing, software CFD memerlukan software CAD untuk mempermudah proses meshing. Kemudahan dalam penggunaan software pre-processing merupakan bagian dari kualitas software CFD.

## b) Solver

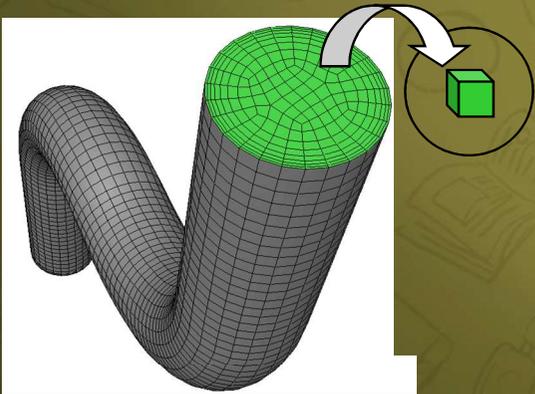
- Solver berfungsi untuk menerapkan persamaan persamaan pengendali ke tiap elemen (diskretisasi persamaan), memasukkan properti fluida, memasukkan nilai syarat batas, menentukan pengaturan metode komputasi dan menyelesaikan persamaan yang terdiskretisasi dengan metode numerik. Solver merupakan komponen utama dari software CFD, karena kualitas/akurasi hasil simulasi sangat ditentukan oleh metode numerik yang digunakan.

## c) Post- processing

- Post- processing berfungsi untuk menampilkan hasil dengan pola yang beragam. Tampilan hasil simulasi dapat berupa grafik, kontur, vektor, atau animasi kontur dan vektor.

# KONSEP DASAR

- CFD adalah proses diskretisasi dan komputasi yang melibatkan Persamaan diferensial parsial orde 3 dengan 4 variable bebas.
- Proses ini menghasilkan sistem persamaan aljabar linear berukuran sangat besar yang harus diselesaikan dengan melakukan proses iterasi.
- Penguasaan pada fenomena fisik aliran dan metode komputasi sangat mutlak diperlukan untuk menghasilkan simulasi yang akurat.

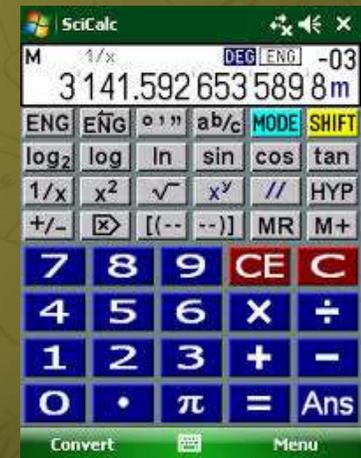
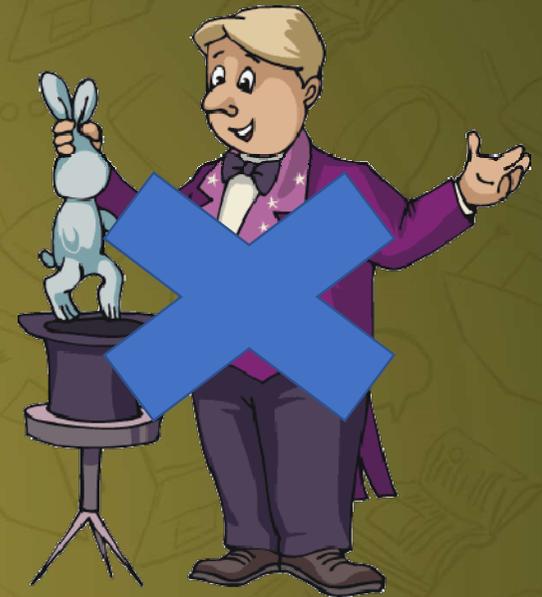


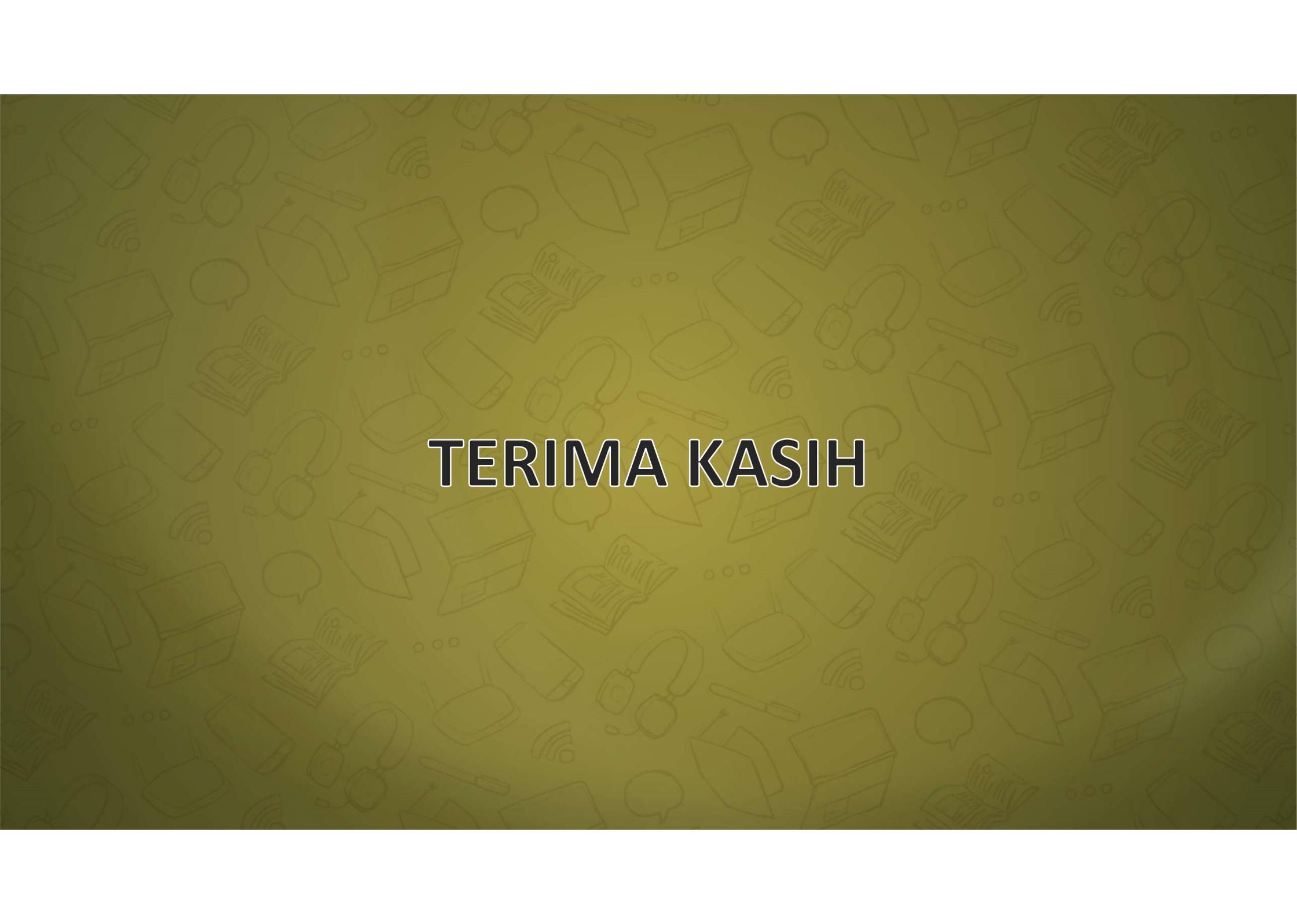
$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + u \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + v \frac{\partial(\rho u)}{\partial y} + w \frac{\partial(\rho u)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + S_{Mx}$$

$$\begin{aligned} \phi_1 &= D_1 \\ -a_2 \phi_1 + b_2 \phi_2 - c_2 \phi_3 &= D_2 \\ -a_3 \phi_2 + b_3 \phi_3 - c_3 \phi_4 &= D_3 \\ &\dots\dots\dots = \dots \\ -a_n \phi_{n-1} + b_n \phi_n - c_n \phi_{n+1} &= D_n \\ \phi_{n+1} &= D_{n+1} \end{aligned}$$

# KONSEP DASAR

- Satu hal yang perlu ditekankan adalah bahwa simulasi **CFD bukan seperti kotak ajaib** (magic-box) yang bisa menghasilkan benda apapun sesuai kehendak si tukang sulap, tetapi simulasi CFD lebih mirip seperti **kalkulator** yang super besar.
- Akurasi hasil yang dihasilkan kalkulator (misalnya: nilai rata-rata, standar deviasi, dll) tergantung pada penguasaan teori matematika (konsep statistik) dan prosedur menggunakan kalkulator, khususnya untuk fungsi statistik
- Penguasaan konsep aliran di mekanika fluida, aerodinamika, metode numerik, dan penguasaan cara kerja software CFD, akan menghasilkan simulasi yang akurat dan mampu menginterpretasi hasil simulasi





**TERIMA KASIH**