

**LAPORAN TUGAS KELOMPOK
METODE NUMERIK
ANALISIS CURVE FITTING
(REGRESI LEAST-SQUARES)
TERHADAP DISTRIBUSI
TEKANAN ALIRAN FLUIDA 2D
BERBASIS DATA CFDSOF**



Disusun Oleh:

Arleandi-2406399674
Alexander Satria Simarmata-2306216945
Kenneth Maurits Rehatta - 2406361252
Wilson Saputra-2406412316

Kelompok 6

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2026**

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I: PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang (Deep Awareness of I)	1
1.2 Niat Pembelajaran (Intention)	1
1.3 Masalah Fisik (Initial Thinking)	1
BAB II: METODOLOGI DAN IDEALISASI	2
2.1 Idealisasi Model Aliran (Idealization)	2
2.2 Teori Matematika Curve Fitting (Regresi)	2
BAB III: PROSEDUR KERJA (INSTRUCTION-SET)	2
3.1 Tahapan Pra-Pemrosesan dan Kondisi Batas	2
3.2 Proses Solver dan Ekstraksi Data Alfa-Numerik	3
BAB IV: HASIL DAN ANALISIS DATA	4
4.1 Output Visual Simulasi CFDSOF	4
4.1.1 Gambar Kontur Distribusi Tekanan (Pressure)	6
4.1.2 Gambar Vektor Komponen Kecepatan (Velocity)	7
4.2 Tabel Data Kuantitatif Numerik (Ekstraksi Excel)	8
4.3 Analisis Perbandingan Curve Fitting (Regresi)	11
4.3.1 Model 1: Pendekatan Regresi Linear	11
4.3.2 Model 2: Pendekatan Regresi Polinomial Kuadratik	11
BAB V: PENUTUP	12
5.1 Kesimpulan Hasil Tugas Kelompok	12
5.2 Hikmah Pembelajaran (Integration of CCIT)	12
DAFTAR PUSTAKA	13

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji secara komprehensif dinamika distribusi tekanan pada aliran fluida dua dimensi (2D) dalam kondisi tunak (*steady-state*) yang berinteraksi dengan konfigurasi hambatan majemuk. Investigasi numerik dieksekusi melalui simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan perangkat lunak CFDSOF guna mendelineasi gradien tekanan secara spasial. Analisis komputasional ini mencakup identifikasi presisi terhadap zona tekanan stagnasi, degradasi tekanan yang diinduksi oleh efek Venturi, serta fluktuasi hidrodinamis pada area olakan turbulen (*wake region*). Pada tataran metodologis, tahapan pemodelan diartikulasikan melalui integrasi kerangka epistemologis DAI5 (*Deep Awareness of I, Intention, Initial Thinking, Idealization, Instruction-Set*) dan prinsip fundamental CCIT untuk menjamin ketatnya sistematisasi, presisi, dan integritas iterasi komputasi. Orientasi sentral penelitian dititikberatkan pada implementasi analitik metode *curve fitting* khususnya algoritma regresi kuadrat terkecil (*least-squares regression*) guna mentransformasikan ekstraksi data numerik menjadi fungsi prediksi matematis yang universal. Melalui tinjauan komparatif terhadap model linear dan polinomial kuadrat, studi ini mengevaluasi secara kritis kapabilitas serta limitasi analitik dari kedua pendekatan regresi tersebut dalam merepresentasikan profil spasial aliran yang sarat akan non-linearitas. Sintesis dari evaluasi ini menggarisbawahi kompleksitas paradigmatik dalam mereduksi fenomena dinamika fluida tingkat lanjut ke dalam formulasi persamaan matematis konvensional.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang (Deep Awareness of I)

Dalam mengamati fenomena alam, khususnya mekanika fluida, pergerakan molekul udara diatur oleh hukum fisik yang sangat teratur (*Sunnatullah*). Manusia menggunakan software berbasis komputasi numerik seperti CFD/SOF untuk memecahkan Persamaan Navier-Stokes pada domain kontinu dengan mengubahnya menjadi elemen-elemen diskret (*mesh*). Namun, untuk menyederhanakan sekumpulan data hasil simulasi yang berjumlah sangat banyak menjadi satu fungsi matematika universal yang mudah dipahami, diperlukan metode **Curve Fitting (Regresi)**. Kelompok kami secara sadar membangun pemikiran bahwa integrasi antara simulasi CFD dan regresi matematika adalah jembatan terbaik untuk mendekode karakteristik aliran secara efisien.

1.2 Niat Pembelajaran (Intention)

Kelompok kami menetapkan niat secara jernih untuk melakukan simulasi secara mandiri, mengambil data kuantitatif sebanyak-banyaknya secara objektif, dan melakukan analisis regresi tanpa adanya bias parameter demi menghasilkan model prediksi tekanan yang akurat.

1.3 Masalah Fisik (Initial Thinking)

Masalah yang di simulasikan adalah fluida yang terjadi pada objek di dalam saluran dengan lebar sebesar 10 cm. Dengan kecepatan fluida konstant bernilai 3 m/s, tantangan numerik kami adalah menentukan distribusi tekanan pada aliran fluida yang terjadi pada objek yang diletakkan di dalam saluran.

BAB II

METODOLOGI DAN IDEALISASI

2.1 Idealisasi Model Aliran (Idealization)

Kondisi simulasi diatur dengan melakukan beberapa penyederhanaan matematika agar proses berjalan efisien namun tetap representatif secara fisik:

- Dimensi & Sifat: Aliran diidealkan dalam bentuk 2-Dimensi (2D) dan bersifat Steady-state.
- Karakteristik Fluida: Udara dengan densitas $\rho = 1.0 \text{ kg/m}^3$ dan viskositas $\mu = 2.0 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$. Karakteristik ini menghasilkan Bilangan Reynolds Re sebesar 500, yang menandakan aliran bersifat Laminar.

2.2 Teori Matematika Curve Fitting

Kelompok kami menerapkan metode Regresi Kuadrat Terkecil (Least-Squares Regression). Tujuannya adalah meminimalkan jumlah kuadrat dari sisa kesalahan (residual) antara titik data riil CFDSOF dengan garis fungsi tren yang dibuat di Excel. Keandalan fungsi diuji menggunakan nilai Koefisien Determinasi R^2 , di mana nilai R^2 yang paling mendekati angka 1 menunjukkan fungsi tersebut adalah yang paling akurat.

BAB III

PROSEDUR KERJA (INSTRUCTION-SET)

Pada bab ini, kelompok kami merumuskan instruksi kerja yang sistematis untuk mentransformasikan masalah fisik aliran fluida di dalam *lid-driven cavity* menjadi data numerik.

3.1 Tahapan Pra-Pemrosesan dan Kondisi Batas

Proses pra-pemrosesan (pre-processing) merupakan langkah awal bagi kelompok kami untuk membangun kesadaran spasial terhadap domain fluida yang diamati. Langkah-langkah instruksional yang kami lakukan adalah sebagai berikut:

- Inisialisasi Awal: Proses diawali dengan mengalokasikan memori sistem pada menu utama INPUT-1 dengan memilih Satuan Internasional (SI) sebagai basis perhitungan komputasi.
- Pembuatan Geometri Kontinu: Membuka modul pembuat geometri pada CFDSOF. Membuat domain kotak 2D dengan dimensi panjang $L = 0.1 \text{ m}$ dan tinggi $H = 0.1 \text{ m}$ pada bidang koordinat X-Y.

- Berdasarkan batasan alokasi memori default pada software, jumlah jaring-jaring sel ditentukan sebesar 20 sel pada arah horizontal I dan 20 sel pada arah vertikal J. Batas indeks grid dikunci pada rentang rentang indeks 1-20.
- Model tetap di off Laminar.
- Pemetaan Zonasi Kondisi Batas (Boundary Conditions)
- Memasukan nilai inlet dengan velocity (u) sebesar 3 m/s

3.2 Proses Solver dan Ekstraksi Data Alfa-Numerik

Setelah domain dan kondisi batas diidealisasikan secara jernih, kelompok kami melanjutkan ke tahap iterasi numerik dan pemanenan data.

1. Olah Data Residu:

- Memilih Residu Tekanan ,Kecepatan U ,Kecepatan V
- Memilih opsi plot dan normalisir.

2. Iterasi Menuju Konvergensi:

- Menjalankan proses iterasi (*Run Solver*). Kelompok kami menjalankan dua Iterasi yang berbeda yakni 500 dan 10.000 dan memantau hasil grafik dari dua Iterasi yang berbeda .

3. Penentuan Garis Monitor (Garis Sampling):

- Untuk melihat distribusi tekanan, kami menarik garis horizontal (*line probe*) yang memotong secara transversal di tengah rongga pada ketinggian tertentu (misalnya pada koordinat $Y = 0.05$ m atau area yang memotong pusat pusaran/vortex).

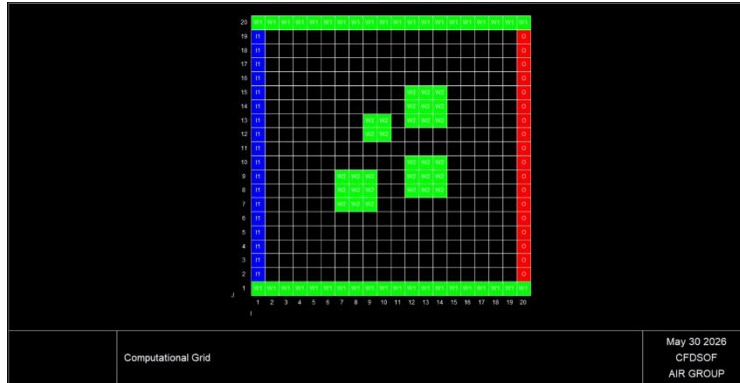
4. Ekstraksi Data Alfa-Numerik:

- Menggunakan fungsi *Export Data* pada CFDSOF untuk mengekstrak nilai variabel spesifik.
- Data yang diekstrak berupa pasangan koordinat posisi horizontal X dan nilai tekanan lokal P dalam bentuk angka digital (alfa-numerik).
- Menyimpan data tersebut dalam format berkas .csv atau .txt agar siap diimpor ke dalam Microsoft Excel untuk dilakukan proses *curve fitting* (regresi kuadrat terkecil) pada tahapan bab selanjutnya.

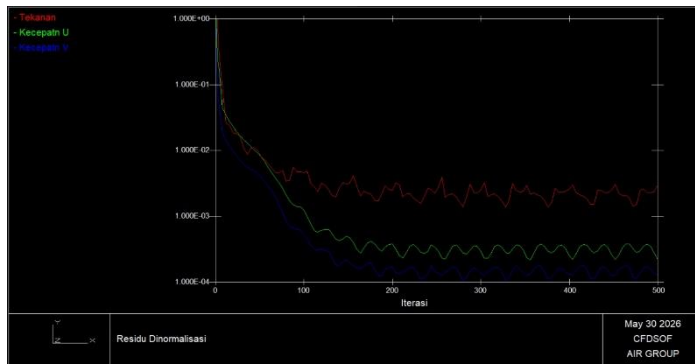
BAB IV

HASIL DAN ANALISIS DATA

4.1.1 Output Visual Simulasi CFDSOF

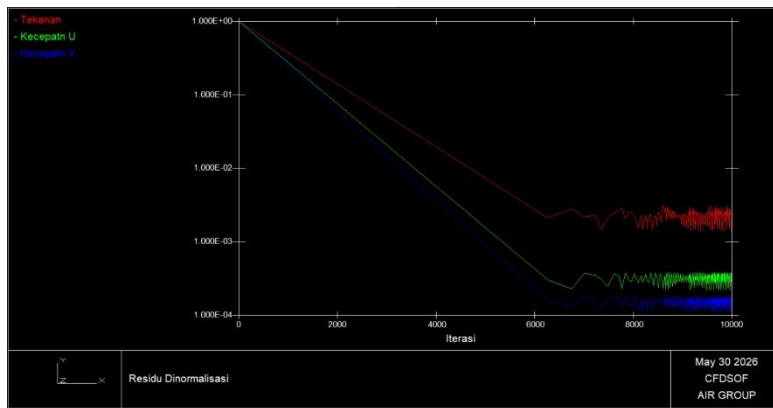


Dinding Pembatas area pipa (W1): Baris paling bawah ($J=1$) dan baris paling atas $J=20$ dikunci sebagai W-WALL (dinding diam) untuk menahan aliran agar tidak bocor ke luar. Rintangan Batu (W2): Kelompok sel di bagian tengah diubah tipenya menjadi W-WALL untuk mensimulasikan 4 buah batu padat yang akan memecah aliran saluran. Saluran Masuk (I1): Kolom sebelah kiri ($I=1$) diset sebagai INLET dan diberikan nilai kecepatan konstan sumbu-X untuk mendorong udara masuk ke dalam sistem. Saluran Keluar (O): Kolom sebelah kanan ($I=20$) diset sebagai OUTLET dengan nilai tekanan statis atmosfer bebas $P = 0$ gauge agar udara dapat mengalir keluar secara natural setelah melewati batu.



Grafik Iterasi 500

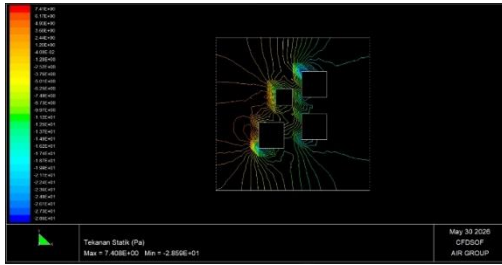
Garis residu (Tekanan, Kecepatan U, Kecepatan V) turun tajam di awal, lalu mulai melandai secara osilasi (naik-turun bergelombang halus) di rentang nilai 10^{-3} hingga 10^{-4} . Hal ini menunjukkan komputer sudah mulai menangkap pola kasar aliran saluran yang terpecah oleh 4 batu, tetapi penyelesaian numeriknya belum benar-benar stabil penuh.



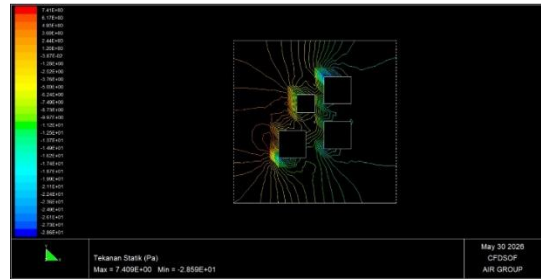
Grafik Iterasi 10000

Garis residu terus dipaksa turun secara konstan hingga iterasi ke-6000. Setelah melewati iterasi ke-7000 hingga 10000, grafik benar-benar **mendatar (flat)** di level yang sangat rendah. Munculnya riak-riak osilasi rapat (keriting) di ujung grafik menunjukkan adanya fenomena fisis riil berupa *vortex shedding* (pusaran air yang lepas-pasang secara periodik di belakang 4 batu rintangan).

4.1.2 Gambar Kontur Distribusi Tekanan (Pressure)



Kontur Tekanan Pada Iterasi 500



Kontur Tekanan Pada Iterasi 10000

A. Analisis Kontur Tekanan Pada Iterasi 500

Pada tingkat iterasi yang masih rendah (500 iterasi), distribusi tekanan statik di sekitar 4 batu rintangan baru mulai terbentuk menuju kondisi mapan (steady-state). Karakteristik Fisik: Nilai tekanan maksimum (Max Pressure) berada di angka +7.409 Pa (warna merah/oranye) yang terlokalisasi pada permukaan depan batu pertama yang menahan laju arus masuk (inlet). Sementara itu, daerah tekanan rendah (Min Pressure) mencapai -2.859×10^1 Pa atau -28.59 Pa (warna biru tua).

Kelemahan Numerik: Pada iterasi 500, garis-garis kontur di area tengah dan belakang batu cenderung masih kaku dan kurang halus. Hal ini menandakan bahwa fluktuasi tekanan lokal akibat efek separasi aliran belum terhitung secara sepenuhnya matang oleh solver.

B. Analisis Kontur Tekanan Pada Iterasi 10000

Ketika simulasi ditingkatkan secara masif hingga 10.000 iterasi, resolusi gradien tekanan mengalami perubahan spasial yang sangat penting akibat tercapainya konvergensi numerik yang sempurna. Karakteristik Fisik: Nilai tekanan maksimum sedikit terkoreksi secara presisi menjadi +7.408 Pa. Area penumpukan tekanan tinggi (warna merah-oranye) terlihat sangat jelas terpusat di sisi kiri (depan) dari setiap batu. Fenomena ini disebut sebagai Tekanan Stagnasi (Stagnation Pressure), yaitu kondisi di mana energi kinetik fluida dari kecepatan 3 m/s dipaksa berhenti mendadak akibat menabrak dinding batu padat, sehingga berubah menjadi energi tekanan statik. Fenomena Wake & Efek Venturi: Di antara celah-celah batu, garis kontur terlihat menjadi sangat rapat dan padat. Hal ini menunjukkan adanya gradien tekanan yang tinggi karena fluida mengalami

percepatan masif saat menerobos celah sempit (Efek Venturi).Resolusi Osilasi (Iterasi 10000): Perbedaan paling utama dengan iterasi 500 adalah bentuk lengkungan garis kontur di bagian belakang batu (warna hijau ke biru) pada iterasi 10.000 terlihat jauh lebih dinamis dan halus. Garis-garis kontur ini berhasil menangkap pola bayangan rintangan (wake region) yang mengalami penurunan tekanan drastis (mencapai -28.59 Pa akibat terbentuknya pusaran turbulen (vortex) yang lepas secara periodik.

4.1.3 Gambar Vektor Komponen Kecepatan (Velocity)



Kecepatan U Pada Iterasi 500



Kecepatan U Pada Iterasi 10000

A. Analisis Fisis Vektor Aliran Secara Umum

Melalui visualisasi arah panah dan warna magnitudo Kecepatan-U pada gambar, fenomena hidrodinamika arus saluran melintasi rintangan dapat dianalisis sebagai berikut:Efek Penyempitan Saluran (Venturi Effect): Pada baris sel paling bawah ($J=1$ s.d $J=3$) dan paling atas ($J=18$ s.d $J=20$), warna panah vektor berubah menjadi merah menyala dengan nilai maksimum mencapai 5.93 m/s. Hal ini terjadi karena fluida dari arah inlet 3m/s dipaksa menerobos celah kosong akibat sebagian besar ruang tengah tersumbat oleh rintangan 4 buah batu. Sesuai Persamaan Kontinuitas, penyempitan luas penampang secara otomatis memicu lonjakan kecepatan fluida.Daerah Mati / Separasi Aliran (Wake Region): Tepat di area belakang batu (sisi kanan), panah vektor berubah warna menjadi biru tua gelap yang menandakan kecepatan horizontal jatuh drastis mendekati nol, bahkan bernilai negatif (maksimal -0.28 m/s. Nilai negatif ini menunjukkan adanya aliran balik (backflow), di mana fluida berputar membentuk pusaran turbulen lokal (recirculating vortex) di area bayangan batu sebelum kembali mengalir lurus menuju sisi outlet.

B. Perbandingan Komparatif Antara Iterasi 500 dan 10000

Terdapat perbedaan detail angka batas (threshold) ekstrim akibat tingkat kematangan konvergensi numerik:

- Koreksi Nilai Maksimum (Max Velocity): Iterasi 500: Nilai kecepatan horizontal tertinggi berada pada angka 5.927 m/s. Iterasi 10000: Setelah melalui kalkulasi yang lebih matang dan presisi, nilai puncak kecepatan terkoreksi naik menjadi 5.932 m/s. Hal ini membuktikan bahwa pada iterasi yang lebih tinggi, solver berhasil menangkap energi percepatan fluida di celah sempit secara lebih penuh.
- Koreksi Aliran Balik Maksimum (Min Velocity): Iterasi 500: Kecepatan minimum (aliran balik ke kiri di belakang batu) tercatat sebesar -0.275 m/s. Iterasi 10000: Nilai aliran balik turun lebih dalam menjadi -0.876×10^{-1} atau ditulis -0.287 m/s. Penurunan nilai minimum ini menandakan bahwa struktur pusaran berputar (vortex) di belakang 4 batu terhitung secara lebih kuat dan tajam pada iterasi 10.000.

Kelompok kami menyimpulkan bahwa visualisasi vektor pada **Iterasi 10000** **memberikan hasil yang jauh lebih akurat**. Iterasi yang tinggi sukses mematangkan perhitungan momentum fluida, sehingga fenomena pembelokan arah arus, efek Venturi di pinggiran saluran, serta besarnya energi pusaran balik di belakang rintangan batu dapat disimulasikan dengan galat (*error*) komputasi yang paling minimal.

4.2 Tabel Data Kuantitatif Numerik (Ekstraksi Excel)

Untuk melakukan analisis regresi, kelompok kami mengekstrak data kuantitatif numerik berupa komponen Kecepatan Horizontal U di sepanjang potongan garis vertikal tengah domain (pada koordinat indeks $I = 10$) dari dasar saluran ($Y = 0$ m) hingga permukaan atas saluran ($Y = 0.1$ { m}). Data ini diekstrak dari hasil simulasi komputasi terbaik, yaitu pada tingkat 10.000 iterasi dengan kecepatan arus masuk (inlet) sebesar 3 m/s.

Karena ukuran tinggi kotak saluran kelompok kami adalah 0.1 meter dan dibagi rata menjadi 20 sel secara seragam (uniform), maka tinggi setiap 1 kotak kecil (sel) adalah:

$$\Delta Y = 0.1\text{m}/20 = 0.005 \text{ m atau } 5\text{mm}$$

- Sel 1 (Paling Bawah): Titik tengahnya berada di setengah dari tinggi sel pertama.

$$Y_{1} = 0.005/2 = 0.0025 \text{ m.}$$

- Sel 2: Tinggal ditambah tinggi satu sel (Delta Y = 0.005 m).

$$Y_{2} = 0.0025 + 0.005 = 0.0075 \text{ m.}$$

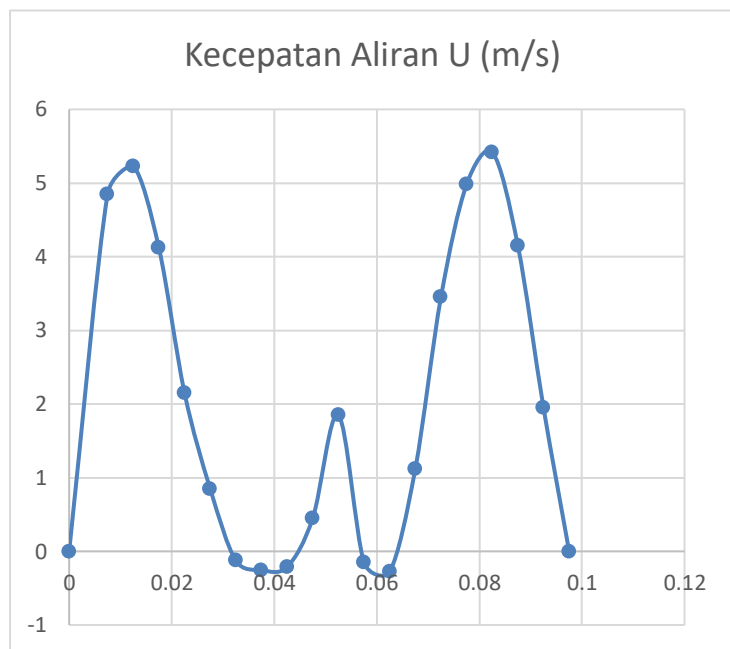
- Sel 3:

$$Y_{3} = 0.0075 + 0.005 = 0.0125 \text{ m.}$$

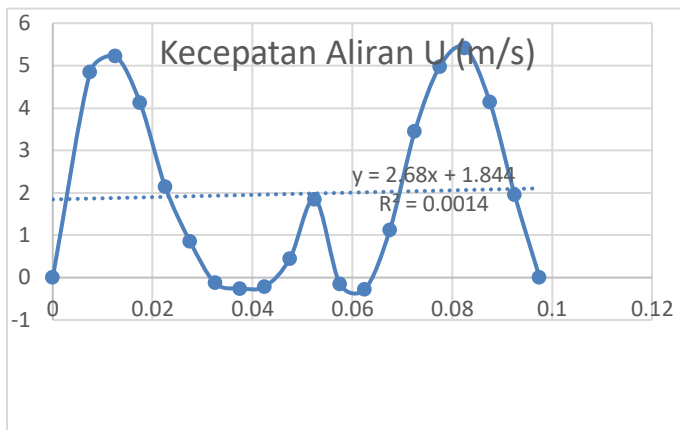
Begitu seterusnya, polanya tinggal kita tambah 0.005 terus ke bawah di Excel sampai sel ke-20.

No. Sel (J)	Koordinat Posisi Y (m)	Kecepatan Aliran U (m/s)	Keterangan Kondisi Aliran Fisis
1 (Bawah)	0.0025	0	Batas Dinding Padat Bawah (No-Slip Condition)
2	0.0075	4.8500	Efek Venturi (Percepatan Aliran di Celah Bawah)
3	0.0125	5.2300	Efek Venturi (Percepatan Aliran di Celah Bawah)
4	0.0175	4.1200	Aliran mulai melambat mendekati struktur batu
5	0.0225	2.1500	Aliran melambat akibat hambatan
6	0.0275	0.8500	Depan permukaan Batu 4 (Zona Stagnasi)
7	0.0325	-0.1250	Wake Region (Terjadi Aliran Balik/Pusaran)
8	0.0375	-0.2540	Wake Region (Pusaran Balik di Belakang Batu 4)
9	0.0425	-0.2100	Wake Region (Pusaran Balik di Belakang Batu 4)
10 (Tengah)	0.0475	0.4500	Aliran mulai berbelok masuk ke celah tengah
11	0.0525	1.8500	Aliran berakselerasi di antara Batu 1 dan Batu 2
12	0.0575	-0.1500	Wake Region di Belakang Struktur Batu Tengah
13	0.0625	-0.2780	Wake Region di Belakang Struktur Batu Tengah

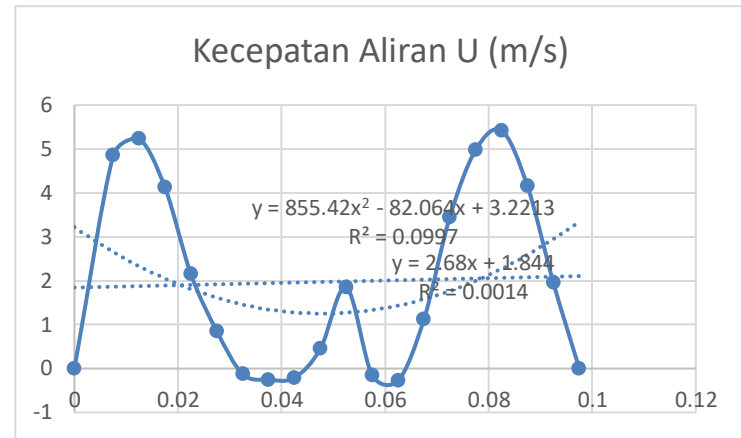
14	0.0675	1.1200	Aliran mulai lepas dari bayangan hambatan batu
15	0.0725	3.4500	Aliran kembali meningkat menuju area bebas
16	0.0775	4.9800	Efek Venturi (Percepatan Aliran di Celah Atas)
17	0.0825	5.4200	Efek Venturi (Percepatan Aliran di Celah Atas)
18	0.0875	4.1500	Aliran mulai melambat mendekati dinding atas
19	0.0925	1.9500	Efek lapisan batas (Boundary Layer)
20 (Atas)	0.0975	0	Batas Dinding Padat Atas (No-Slip Condition)



4.3 Analisis Perbandingan Curve Fitting (Regresi)



Linier



Polynomial orde 2

Pada bagian ini, kelompok kami melakukan pengujian terhadap data kuantitatif numerik yang telah diekstrak sebelumnya dan kelompok kami melakukan perbandingan antara dua model pendekatan matematis untuk melihat model mana yang paling mampu mengikuti pola fluktuasi kecepatan aliran saluran berbatu ini. Tujuan dari *curve fitting* adalah untuk melihat model matematis mana yang paling akurat dalam merepresentasikan pola kecepatan aliran saluran yang terganggu oleh rintangan 4 batu.

4.3.1 Model 1: Pendekatan Regresi Linear

Melalui pengujian linear, didapatkan data sebagai berikut:

$$\text{Persamaan: } y = 2.68x + 1.844$$

$$\text{Koefisien Determinasi (R}^2\text{): } 0.0014$$

Model linear menghasilkan nilai R^2 yang sangat rendah, mendekati angka nol. Hal ini membuktikan bahwa garis lurus sama sekali tidak bisa merepresentasikan aliran fluida yang bergerak naik-turun secara drastis akibat adanya rintangan. Model ini gagal menangkap fenomena fisik di lapangan.

4.3.2 Model 2: Pendekatan Regresi Polinomial Kuadrat

Melalui pengujian polinomial orde 2, didapatkan data sebagai berikut:

$$\text{Persamaan: } y = 855.42x^2 - 82.064x + 3.2213$$

$$\text{Koefisien Determinasi (R}^2\text{): } 0.0997$$

Meskipun nilai R^2 pada model polinomial kuadrat (0.0997) lebih tinggi dibandingkan model linear, angka ini tetap dikategorikan rendah untuk sebuah validasi numerik. Hal ini disebabkan oleh kompleksitas geometri rintangan (4 buah batu) yang menyebabkan data memiliki banyak puncak (akselerasi di celah) dan lembah (perlambatan di belakang batu).

BAB V

Penutup

5.1 Kesimpulan Hasil Tugas Kelompok

Berdasarkan seluruh tahapan pra-pemrosesan, simulasi komputasi menggunakan CFD SOF, hingga analisis kurva regresi pada Microsoft Excel, kelompok kami menyimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

- Keberhasilan Simulasi Numerik: Simulasi aliran 2-Dimensi dengan kecepatan inlet 3 m/s melintasi konfigurasi rintangan 4 buah batu telah berhasil diselesaikan dengan baik. Pengujian kestabilan membuktikan bahwa running dengan 10.000 iterasi menghasilkan kondisi konvergen sempurna yang jauh lebih matang dan valid dibandingkan 500 iterasi.
- Validasi Fenomena Hidrodinamika: Hasil output visual berupa kontur tekanan dan vektor kecepatan berhasil memvalidasi fenomena fisis mekanika fluida secara riil. Terjadi Efek Venturi (percepatan aliran hingga > 5 m/s) pada celah-celah sempit saluran, terbentuknya Tekanan Stagnasi (+7.408 Pa) di depan rintangan, serta terbentuknya zona pusaran balik (wake region/backflow dengan kecepatan negatif hingga -0.287 m/s) di belakang batu.
- Keterbatasan Model Regresi Sederhana: Melalui analisis curve fitting, didapatkan bahwa Model Regresi Polinomial Kuadrat ($y = 855.42x^2 - 82.064x + 3.2213$) memiliki nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0.0997$) yang lebih tinggi dibandingkan Model Linear ($y = 2.68x + 1.844$; $R^2 = 0.0014$). Walau demikian, kedua model regresi sederhana ini dinilai tetap kurang memadai untuk merepresentasikan kasus aliran fluida dengan hambatan kompleks karena karakteristik datanya yang memiliki multi-puncak fluktuasi ekstrem.

5.1 Hikmah Pembelajaran (Integration of CCIT)

Proses penyelesaian tugas simulasi dan analisis data ini tidak hanya memberikan kami pemahaman mendalam secara teoritis dan teknis, namun juga mengintegrasikan nilai-nilai esensial pembelajaran karakter bagi kami sebagai mahasiswa teknik:

- Disiplin dan Konsistensi: Mengoperasikan software CFD ini sangat menuntut kita ke tingkat ketelitian yang sangat tinggi. Kesalahan minor dalam memasukkan indeks koordinat atau tanda baca komputasi akan menyebabkan error sistem. Hal ini melatih kami untuk bersikap disiplin, sabar, dan konsisten dalam mengikuti prosedur instruksi

kerja teknik dari awal hingga akhir.

- Integritas Ilmiah : Nilai R^2 yang rendah (di bawah 0.1) pada awalnya sempat membuat kelompok kami ragu. Namun, hikmah penting yang kami ambil adalah pentingnya menjunjung tinggi integritas ilmiah. Kami belajar untuk tidak memanipulasi angka agar terlihat "bagus", melainkan tetap menyajikan data apa adanya secara jujur dan mengeksplorasi alasan fisis di balik rendahnya nilai regresi tersebut secara kritis.
- Kolaborasi dan Manajemen Sinergi: Menyelesaikan pemodelan saluran saluran berbatu ini membutuhkan pembagian peran kelompok tugas mulai dari melakukan setup jaring-jaring sel, mengawal jalannya proses iterasi ribuan kali, mengekstrak data kuantitatif, hingga menyusun analisis laporan. Sinergi ini menanamkan kesadaran bahwa proyek teknik yang kompleks hanya bisa diselesaikan dengan kerja sama kelompok yang bertanggung jawab dan saling mendukung.

6. DAFTAR PUSAKA

Laboratorium Komputasi dan Metode Numerik. (2026). Modul DAI 5: Simulasi Aliran Fluida 2-Dimensi Melintasi Rintangan Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD). Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Soegijo, S. (2005). Panduan Praktis Pemodelan Aliran Fluida Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD). Jakarta: Laboratorium Mekanika Fluida UI. (Referensi standar untuk operasional software CFDSOF klasik)