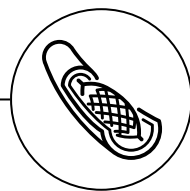


ANALISIS HEMODINAMIKA PEMBULUH DARAH BERBASIS DINAMIKA FLUIDA KOMPUTASIONAL DENGAN PERANGKAT LUNAK YANG BERBEDA

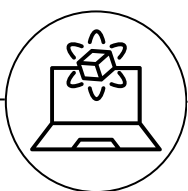
Farhan Zaki Rahmani NIM 13320076 | Dosen Pembimbing Narendra Kurnia Putra, S.T., M.T., Ph.D. & Faqihza Mukhlis, S.T., M.T., Ph.D.



Aneurisme, yaitu kondisi **pembengkakan pembuluh darah**, dapat berakibat fatal jika tidak ditangani karena dapat menyebabkan **pecahnya pembuluh darah**.



Terapi rehabilitasi aneurisme dapat dilakukan dengan **pemasangan stent pada pembuluh darah** untuk **mengurangi aliran darah** menuju kantung aneurisme.



Dikembangkan metode **simulasi pemasangan stent (virtual stenting; VS)** untuk **mengetahui parameter hemodinamika pascaterapi** melalui penerapan metode **Fast Virtual Stenting (FVS)** dan **Computational Fluid Dynamics (CFD)**.



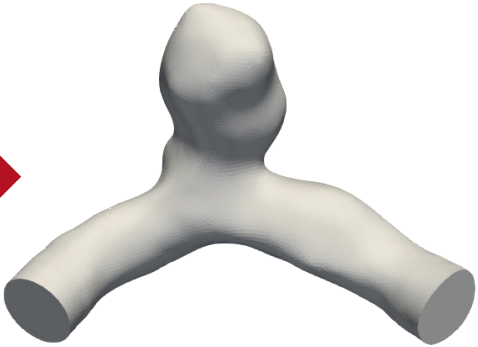
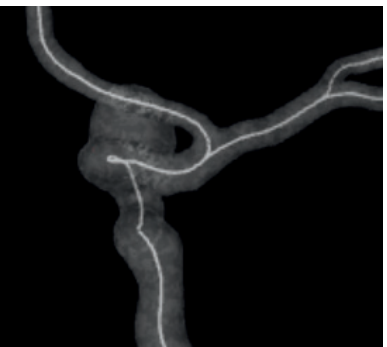
Perangkat lunak **open-source** yang digunakan dalam implementasi VS **belum memiliki standar baku** dan **prosedur sistematis**, berbeda dengan **perangkat lunak berlisensi** yang masih menjadi **pilihan utama dalam riset**.

Tujuan Penelitian

Validasi hasil simulasi CFD pada pembuluh darah tanpa *stent* maupun dengan *stent* dalam **evaluasi terapi aneurisme** pada perangkat lunak *open-source* melalui **komparasi parameter fisis hemodinamika** antara **perangkat lunak open-source** dan berlisensi serta **perancangan prosedur simulasi FVS dan CFD secara sistematis** dalam perhitungan aspek fisis hemodinamika.

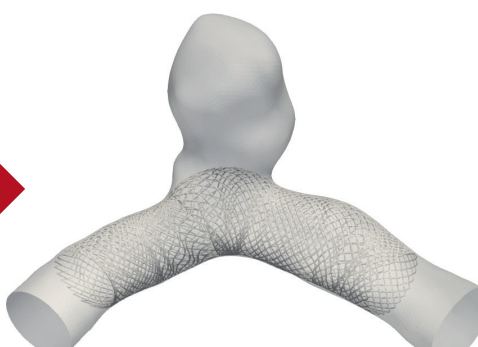
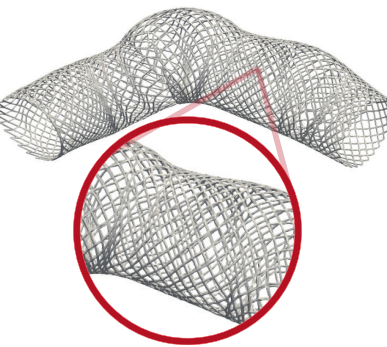


Persiapan Geometri Pembuluh Darah



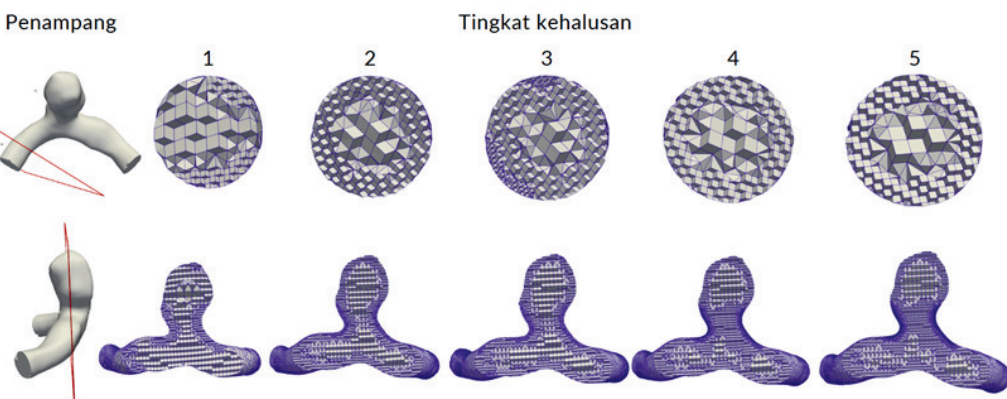
Segmentasi geometri pembuluh darah yang ditinjau untuk memfokuskan analisis pada aneurisme.

Konstruksi Stent PA



Stent PA berpola helikal dikonstruksi dengan **metode FVS**.

Pembuatan Variasi Mesh



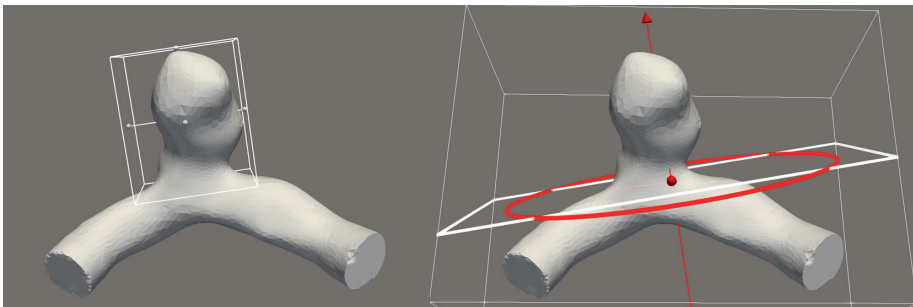
Dikonstruksi lima jenis **mesh** (kumpulan elemen diskret pembagi geometri) yang berbeda agar solusi hasil simulasi CFD benar secara fisis dan tidak dipengaruhi jumlah **mesh** tertentu.

Simulasi CFD pada Perangkat Lunak

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0$$
$$\mathbf{V} \cdot \nabla \mathbf{V} = -\nabla \frac{P}{\rho} + \nu \nabla^2 \mathbf{V}$$

Simulasi CFD menggunakan persamaan **Navier-Stokes** pada **fluida Newtonian** yang **incompressible** dan **tunak**.

Ekstraksi Parameter Fisis



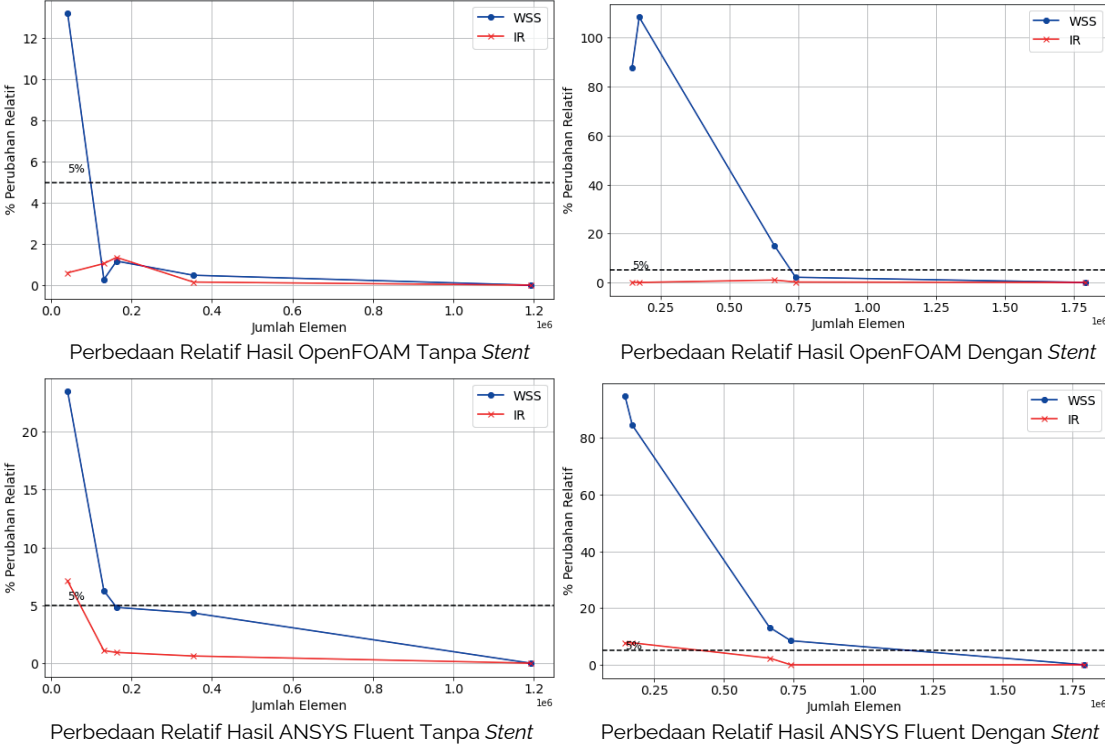
Ekstraksi WSS

Ekstraksi IR

Parameter fisis hemodinamika yang diekstraksi yaitu **Wall Shear Stress (WSS)** dan **Mass Inflow Rate (IR)** sebagai evaluasi dampak pemasangan *stent*.

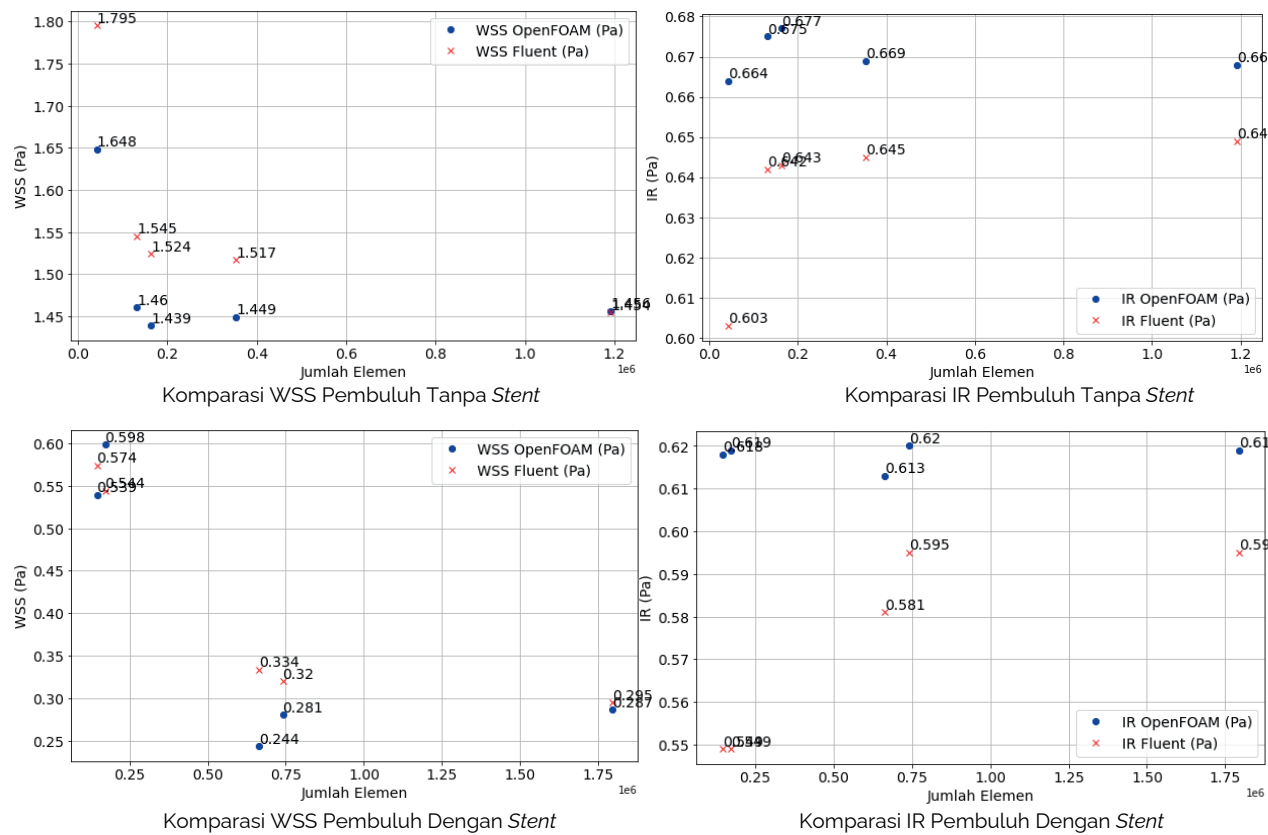
WSS: Tegangan geser pada dinding pembuluh akibat aliran fluida
IR: Debit massa aliran darah yang memasuki kantung aneurisme

Uji Independensi Mesh



WSS dan IR **konvergen** dan **menunjukkan independensi mesh**.

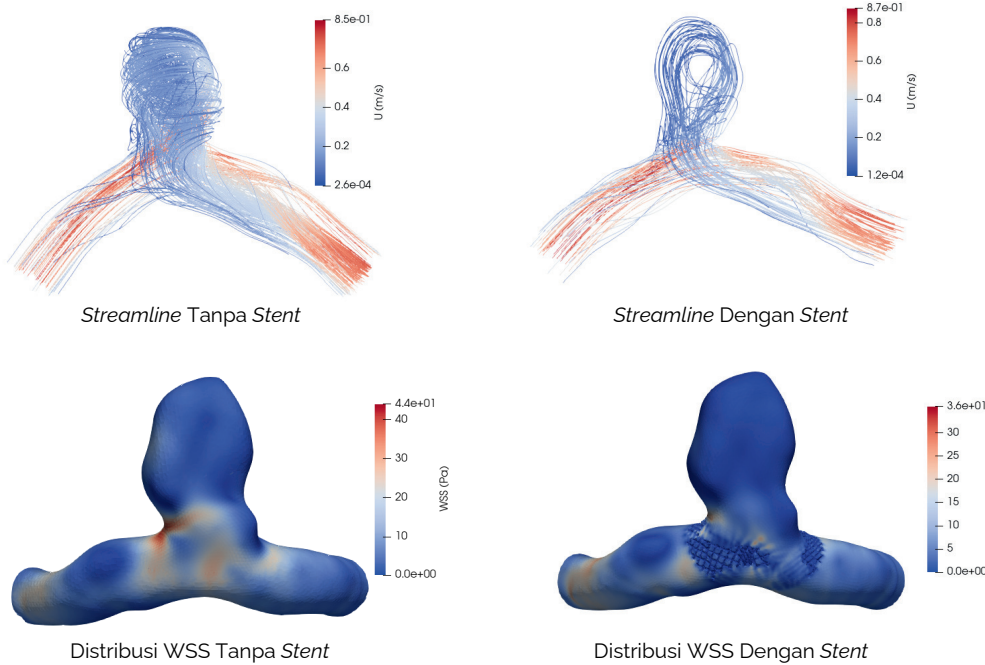
Komparasi WSS & IR pada Perangkat Lunak



Parameter hemodinamika yang dihasilkan oleh kedua perangkat lunak menunjukkan **selisih yang sangat kecil**, sehingga **OpenFOAM terbukti valid** dan **dapat diandalkan** untuk analisis hemodinamika.

Terjadi penurunan **WSS** dan **IR**, namun penurunannya **belum mencapai nilai ekspektasi** dalam **menjamin kestabilan aneurisme** (WSS berada di luar rentang 1-2 Pa dan penurunan IR yang diharapkan sebesar 57%).

Evaluasi Dampak Pemasangan Stent



Aliran darah yang memasuki aneurisme **berhasil dikurangi** akibat pemasangan *stent*.

Pemasangan *stent* PA **berhasil menurunkan WSS** yang diakibatkan oleh aliran jet berkecepatan tinggi.

Kesimpulan

Komparasi parameter hemodinamika antara kedua perangkat lunak konsisten dengan selisih yang sangat kecil, sehingga **perangkat lunak open-source terbukti validitasnya** dan **dapat diandalkan** dalam simulasi CFD.

Tata laksana simulasi FVS dan CFD sebagai terapi aneurisme telah berhasil **dirancang secara sistematis** serta pemasangan *stent* berhasil **menurunkan risiko aneurisme**, namun belum menjamin kestabilan aneurisme.