



**ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA ARTERI  
KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA UNTUK MENGASAH  
KEMAMPUAN TCK**

**SKRIPSI**

Oleh

**Jimmy Purnomo Hasan**

**NIM 140210101055**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**



**ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA ARTERI  
KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA UNTUK MENGASAH  
KEMAMPUAN TCK**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Jimmy Purnomo Hasan**

**NIM 140210101055**

Dosen Pembimbing 1 : Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing 2 : Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

Dosen Penguji 1 : Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.

Dosen Penguji 2 : Drs. Toto Bara Setiawan, M.Si.

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T., Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi besar, Nabi Muhammad S.A.W., kupersembahkan sebuah kebahagiaan dalam perjalanan dan perjuangan hidupku teriring rasa terima kasihku yang terdalam kepada:

1. Bapak Nurhasan dan Ibu Hatija, yang senantiasa mengalirkan rasa cinta, kasih sayang, cucuran keringat dan doa yang tiada pernah putus, adikku Zainur Rido Hasan yang senantiasa memberi semangat;
2. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., Bapak Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si., Ibu Susi Setiawani, S.Si., M.Sc., dan Bapak Drs. Toto Bara Setiawan, M.Si. yang dengan sabar telah memberikan ilmu, bimbingan dan masukan selama menyelesaikan skripsi ini;
3. Para guru dan dosen, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dalam banyak hal;
4. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
5. Adikku tercinta Sunnatun Nahriyati yang senantiasa mendukung dan menemani dalam suka dan duka;
6. Kepala suku *Matric Boys* Rejak dan seluruh anggota *Matric Boys* (Stenly, Cahyo, Anam, Ervin, Hendro, Alif, Arif, Habiby, Arga, Faruq, Yoan, Ali, Albab, Yudi, Aji, Frenza, Rere);
7. Teman-teman dekat dan seperjuangan: Velin, Nurul lailiyah, Arif, Ratna, Novi, Firda, Lila, Bunga, Tutut, Inggrit, Nancil, Natalia, Bella, Indah, Roma, Fika, Juan;
8. Doremi (Dewi, Rifa, Mira, Aji, Frenza), teman-teman kontrakan Kompilasi (Bagus, Soleh, Andi, Fiko, Nizam, Yasiran, Samsul) serta kawan-kawan GMNI Komisariat FKIP yang telah menjadi keluarga kedua di jember;
9. Teman-teman Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember Angkatan 2014

HALAMAN MOTTO

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ



"Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar."

(QS. Al-Baqarah: 153)

مَنْ خَرَجَ فِي طَلَبِ الْعِلْمِ كَانَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ حَتَّى يَرْجِعَ

"Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hingga pulang."

(H.R. Tirmidzi)

"Kegagalan hanya akan terjadi bila kita menyerah."

- Lessing -

**HALAMAN PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jimmy Purnomo Hasan

NIM : 140210101055

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul ” *Analisis Numerik Aliran Darah pada Arteri Karotis Akibat Pemasangan Stent Menggunakan Metode Elemen Hingga untuk Mengasah Kemampuan TCK*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Juni 2018

Yang menyatakan,

Jimmy Purnomo Hasan

NIM. 140210101055

**SKRIPSI**

ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA ARTERI  
*KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA UNTUK MENGASAH  
KEMAMPUAN TCK

Oleh

JIMMY PURNOMO HASAN

NIM 140210101055

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

HALAMAN PENGANTAR

ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA ARTERI  
*KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA UNTUK MENGASAH  
KEMAMPUAN TCK

diajukan untuk dipertahankan di depan Tim Penguji sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan Program Studi Pendidikan Matematika pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Oleh:

Nama : Jimmy Purnomo Hasan  
NIM : 140210101055  
Tempat, tanggal Lahir : Situbondo, 11 Juni 1996  
Jurusan / Program Studi : Pendidikan MIPA / Pendidikan Matematika

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.  
NIP. 19680802 199303 1 004

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.  
NIP. 19820529 200912 1 003

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi berjudul : Analisis Numerik Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pe-  
masangan *Stent* Menggunakan Metode Elemen Hingga untuk Mengasah Kemam-  
puan TCK telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan  
pada:

Hari : Rabu  
Tanggal : 6 Juni 2018  
Tempat : Gedung 3 FKIP UNEJ

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19680802 199303 1 004

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.  
NIP. 19820529 200912 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19700307 199512 2 001

Drs. Toto Bara Setiawan, M.Si.  
NIP. 19581209 198603 1 003

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19680802 199303 1 004



## RINGKASAN

**Analisis Numerik Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* Menggunakan Metode Elemen Hingga untuk Mengasah Kemampuan TCK**; Jimmy Purnomo Hasan, 140210101055; 2018: 83 halaman; Program Studi Pendidikan Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Pemodelan matematika merupakan usaha perancangan rumusan matematika yang secara potensial menggambarkan bagaimana mendapatkan penyelesaian masalah matematika yang digeneralisasikan untuk diterapkan pada perilaku atau kejadian alam. Dalam kehidupan sehari-hari terdapat banyak masalah kontekstual yang membutuhkan model matematika salah satunya masalah tentang kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.

Arteri *karotis* adalah pembuluh darah utama yang memasok darah beroksigen ke kepala dan leher. Stenosis arteri *karotis* merupakan penyempitan lumen (permukaan dalam) dari arteri *karotis*. Stenosis pada arteri *karotis* mengakibatkan gangguan aliran darah pada otak yang mengakibatkan kerusakan bahkan kematian pada sel-sel otak.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi stenosis arteri *karotis* adalah dengan melakukan pemasangan *stent*. *Stent* adalah tabung dari logam halus yang bertindak sebagai penyangga untuk memberikan pelebaran di dalam arteri. Pemasangan *stent* digunakan untuk menormalkan aliran darah dan memenuhi volume darah yang dibutuhkan oleh otak.

Dari latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*, menyelesaikan model menggunakan metode elemen hingga, menganalisis pengaruh ukuran diameter *proksimal stent*, diameter distal *stent*, dan ketebalan *stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*, menganalisis pola kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* yang dipasang *stent*, mengetahui efektivitas metode elemen hingga dalam menganalisis masalah kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*, dan untuk mengetahui tingkat kevalidan dalam mengasah kemampuan TCK melalui analisis numerik aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.

Tahapan kegiatan penelitian meliputi: pertama, melakukan studi pustaka tentang pemasangan *stent* pada arteri *karotis* dan membuat model matematika persamaan momentum. Kedua, melakukan penurunan persamaan elemen dan penyelesaian dalam waktu. Setelah mendapatkan matriks global penyelesaian dalam waktu selanjutnya membuat program matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* dengan MATLAB. Ketiga, melakukan simulasi dengan FLUENT untuk mengetahui pola kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* dan melakukan validasi kemampuan TCK peneliti dalam analisis numerik aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*. Adapun hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* merupakan persamaan yang dinyatakan pada persamaan momentum. Berikut ini adalah persamaannya.

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho u \phi_y}{\partial y} = -\nabla P + \nabla \mu (\nabla u + \nabla u^R) - \rho gh$$

2. Semakin kecil ukuran diameter *proksimal stent* maka kenaikan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* semakin besar
3. Semakin kecil ukuran diameter *distal stent* maka kenaikan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* semakin besar
4. Semakin besar ukuran ketebalan *stent* maka kenaikan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* semakin besar
5. Persamaan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* adalah model yang efektif dalam menganalisis masalah kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* yang dipengaruhi oleh diameter *proksimal*, diameter *distal*, dan ketebalan *stent*.
6. Hasil validasi menunjukkan penelitian ini valid untuk mengasah kemampuan TCK peneliti dalam analisis model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis Numerik Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* Menggunakan Metode Elemen Hingga untuk Mengasah Kemampuan TCK. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Ketua Laboratorium Matematika Program Studi Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan MIPA FKIP;
5. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Dosen Pembahas dan Dosen Penguji yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
7. Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan ilmu;
8. Dosen dan Karyawan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
9. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 6 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL . . . . .	i
HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . .	ii
HALAMAN MOTTO . . . . .	iii
HALAMAN PERNYATAAN . . . . .	iv
HALAMAN JUDUL . . . . .	v
HALAMAN PENGAJUAN . . . . .	vi
HALAMAN PENGESAHAN . . . . .	vii
RINGKASAN . . . . .	viii
KATA PENGANTAR . . . . .	x
DAFTAR ISI . . . . .	xiii
DAFTAR GAMBAR . . . . .	xv
DAFTAR TABEL . . . . .	xvi
DAFTAR LAMBANG . . . . .	xvii
<b>1 PENDAHULUAN . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	3
1.3 Batasan Masalah . . . . .	3
1.4 Tujuan Penelitian . . . . .	4
1.5 Manfaat Penelitian . . . . .	5
1.6 Kebaharuan Penelitian . . . . .	5
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA . . . . .</b>	<b>6</b>
2.1 Pemodelan Matematika . . . . .	6
2.2 <i>Computational Fluid Dynamic</i> (CFD) . . . . .	7
2.3 Perangkat Lunak dalam CFD . . . . .	9
2.3.1 GAMBIT . . . . .	9
2.3.2 FLUENT . . . . .	9
2.4 Metode Elemen Hingga . . . . .	13
2.4.1 Persamaan Momentum . . . . .	16
2.5 Algoritma dan Pemograman MATLAB . . . . .	17
2.5.1 Algoritma dan Pemograman . . . . .	17

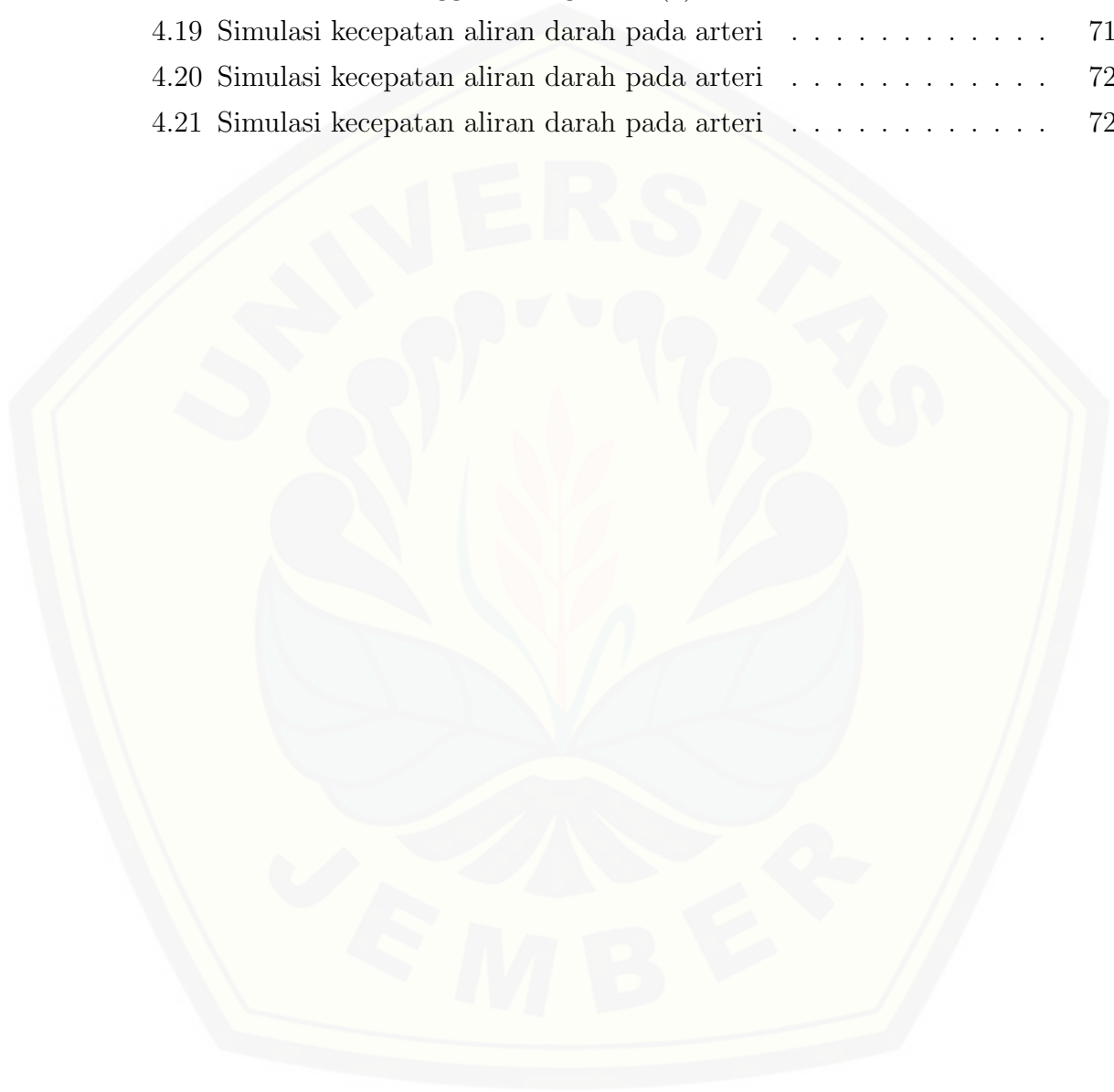
2.5.2	MATLAB . . . . .	17
2.5.3	Metode Gauss Seidel . . . . .	20
2.5.4	Galat atau <i>Error</i> . . . . .	23
2.6	Arteri <i>Karotis</i> . . . . .	25
2.7	Stenosis Arteri <i>Karotis</i> . . . . .	26
2.8	Penyakit Stroke Iskemik . . . . .	26
2.9	Pemasangan <i>Stent</i> atau <i>Angioplasty</i> . . . . .	27
2.10	Fluida . . . . .	28
2.10.1	Jenis-Jenis Fluida . . . . .	29
2.10.2	Jenis-Jenis Aliran Fluida . . . . .	30
2.11	TCK ( <i>Technological Content Knowledge</i> ) . . . . .	32
3	METODE PENELITIAN . . . . .	35
3.1	Jenis Penelitian . . . . .	35
3.2	Tempat Penelitian . . . . .	35
3.3	Prosedur Penelitian . . . . .	36
3.4	Definisi Operasional . . . . .	37
3.5	Metode Pengumpulan Data . . . . .	37
3.6	Data dan Analisis Data . . . . .	38
3.7	Instrumen Validasi . . . . .	39
3.8	Metode Analisis Validasi . . . . .	39
4	HASIL DAN PEMBAHASAN . . . . .	42
4.1	Persamaan Momentum Kecepatan Aliran Darah pada Arteri <i>Karotis</i> . . . . .	42
4.2	Penurunan Persamaan Elemen . . . . .	43
4.2.1	Penyusunan Matriks Global . . . . .	51
4.3	Penyelesaian dalam Waktu . . . . .	53
4.4	Efektivitas Metode Elemen Hingga dengan Menggunakan <i>Error Relatif</i> dalam Analisis Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri <i>Karotis</i> Akibat Pemasangan <i>Stent</i> . . . . .	55
4.4.1	Format <i>Programming</i> . . . . .	55
4.4.2	Penggunaan <i>Error Relatif</i> pada Metode Elemen Hingga . . . . .	56
4.4.3	Simulasi Pemodelan . . . . .	58
4.5	Analisis dan Pembahasan . . . . .	58

4.5.1	Komputasi MATLAB . . . . .	59
4.5.2	Visualisasi Simulasi FLUENT . . . . .	64
4.6	Analisis Cara Mengasah Kemampuan TCK dalam Analisis Kecepatan Aliran Darah pada Arteri Karotis Akibat Pemasangan <i>Stent</i> Menggunakan Metode Elemen Hingga	73
5	KESIMPULAN DAN SARAN . . . . .	77
5.1	Kesimpulan . . . . .	77
5.2	Saran . . . . .	77
	DAFTAR PUSTAKA . . . . .	79
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	
A.	Format <i>Programming</i> MATLAB . . . . .	83
B.	Hasil Simulasi MATLAB dengan Metode Biasa . . . . .	110
C.	Hasil Simulasi MATLAB dengan Metode Gauss-Seidel . . . . .	122
D.	Pedoman Peer Validation . . . . .	134
E.	Lembar Analisis Hasil Validasi . . . . .	137
F.	Lembar Penilaian Validasi . . . . .	138
G.	Lembar Revisi Skripsi . . . . .	153

DAFTAR GAMBAR

2.1	Tahapan penyusunan model matematika . . . . .	7
2.2	Hasil meshing pada GAMBIT . . . . .	9
2.3	Hasil simulasi FLUENT . . . . .	11
2.4	Bagan persamaan momentum . . . . .	16
2.5	Tampilan MATLAB . . . . .	17
2.6	Gambar arteri <i>karotis</i> . . . . .	25
2.7	Gambar stenosis arteri <i>karotis</i> . . . . .	26
2.8	Gambar pemasangan <i>stent</i> pada arteri <i>karotis</i> . . . . .	28
2.9	Fluida Gas . . . . .	29
2.10	Fluida Cair . . . . .	30
2.11	Klarifikasi aliran fluida . . . . .	30
2.12	Aliran Laminar . . . . .	31
2.13	Aliran Turbulen . . . . .	31
2.14	Bagian-bagian TPACK . . . . .	33
3.1	Bagan Alur Penelitian . . . . .	41
4.1	Grafik kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> . . . . .	59
4.2	Grafik kecepatan aliran darah dengan ukuran diameter . . . . .	60
4.3	Grafik kecepatan aliran darah dengan ukuran diameter <i>proksimal stent</i> . . . . .	61
4.4	Grafik kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> . . . . .	61
4.5	Grafik kecepatan aliran darah dengan ukuran . . . . .	62
4.6	Grafik kecepatan aliran darah dengan ukuran diameter <i>distal stent</i> . . . . .	62
4.7	Grafik kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> . . . . .	63
4.8	Grafik kecepatan aliran darah dengan ketebalan <i>stent</i> . . . . .	63
4.9	Grafik kecepatan aliran darah dengan ukuran ketebalan <i>stent</i> . . . . .	64
4.10	Desain <i>stent</i> menggunakan gambit (a) diameter <i>proksimal</i> 0.0105 m, . . . . .	65
4.11	Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	66
4.12	Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	66

4.13 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	66
4.14 Desain <i>stent</i> menggunakan gambit (a) diameter <i>distal</i> . . . . .	68
4.15 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	69
4.16 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	69
4.17 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	69
4.18 Desain <i>stent</i> menggunakan gambit (a) ketebalan <i>stent</i> 0.0007 m, .	71
4.19 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	71
4.20 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	72
4.21 Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri . . . . .	72





DAFTAR TABEL

2.1	Tabel Penelitian Murni Penggunaan CFD . . . . .	11
3.1	Tingkat Kevalidan Instrumen . . . . .	40



DAFTAR LAMBANG



$[A]$	=	matriks kekakuan
$\{u\}$	=	vektor kolom
$F$	=	gaya
$D$	=	debit aliran
$P$	=	tekanan
$j$	=	diameter <i>distal stent</i>
$k$	=	jari-jari <i>distal stent</i>
$d$	=	diameter <i>proksimal stent</i>
$r$	=	jari-jari <i>proksimal stent</i>
$R$	=	durasi waktu siklus jantung
$u$	=	kecepatan
$\eta$	=	kekentalan
$l$	=	panjang saluran
$\mu$	=	koefisien gesek
$\rho$	=	massa jenis
$g$	=	gravitasi
$y$	=	sumbu y
$t$	=	waktu
$\nabla$	=	vektor turunan parsial

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan ilmu dasar yang berperan penting dalam perkembangan ilmu-ilmu lain. Banyak konsep-konsep abstrak matematika yang dikembangkan karena kebutuhan untuk menjawab permasalahan dari dunia nyata dan bidang ilmu lain serta banyak pula konsep abstrak matematika yang awalnya semata-mata untuk pengembangan teori dalam matematika sendiri ternyata kemudian mendapatkan tempat dan dapat diterapkan untuk menjawab berbagai permasalahan yang ada dalam dunia nyata dan bidang ilmu lain salah satunya dalam bidang ilmu kedokteran.

Ilmu kedokteran adalah suatu ilmu dan seni dalam mempelajari tentang penyakit, dan cara penyembuhannya. Ilmu kedokteran adalah cabang ilmu kesehatan yang mempelajari tentang cara mempertahankan kesehatan manusia, dan mengembalikan manusia pada keadaan sehat dengan memberi pengobatan pada penyakit dan cedera. Ilmu ini meliputi pengetahuan tentang sistem tubuh manusia, serta penyakit dan pengobatannya.

Arteri karotis adalah pembuluh darah utama yang memasok darah beroksigen ke kepala dan leher. Arteri ini juga bertanggung jawab untuk distribusi oksigen ke otak. Stenosis arteri *karotis* merupakan penyempitan lumen (permukaan dalam) dari arteri *karotis*. Stenosis Pada arteri karotis mengakibatkan gangguan aliran darah pada otak yang mengakibatkan kerusakan bahkan kematian pada sel-sel otak. Kerusakan maupun kematian pada sel-sel otak ini dapat mengakibatkan terjadinya penyakit stroke.

Stroke dapat diartikan sebagai setiap kerusakan otak sistem syaraf pusat yang disebabkan oleh kelainan atau abnormalitas pembuluh darah. Secara umum, stroke dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu stroke iskemik dan stroke hemoragik. Stroke iskemik dapat terjadi bila aliran darah yang menuju otak terlalu lam-

bat ataupun terlalu cepat. Istilah stroke selalu digunakan bila gejala-gejalanya timbul secara akut. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa stroke merupakan terjadinya gangguan fungsional otak lokal maupun global secara mendadak dan akut yang berlangsung lebih dari dua puluh empat jam, akibat gangguan aliran darah ke otak. Stroke menyebabkan kelumpuhan, perubahan mental, gangguan daya pikir, kesadaran, konsentrasi, kemampuan belajar, dan fungsi intelektual lainnya, gangguan komunikasi, gangguan emosional dan kehilangan indera rasa.

Jumlah kasus stroke di Indonesia setiap tahun semakin meningkat. Insiden stroke meningkat seiring dengan bertambahnya usia. Penelitian di Yogyakarta menunjukkan usia penderita stroke 74% berusia <65 tahun dan 26% berusia > 65 tahun. Sedangkan penelitian yang dilakukan di Bogor diperoleh hasil usia penderita stroke antara 51 sampai 70 tahun. Berdasarkan penelitian di Jakarta selatan pada tahun 1999 terdapat 3.5% dari 532.000 penduduk terkena stroke dan usia penderita antara 45 sampai 64 tahun. Peningkatan jumlah penderita stroke juga terjadi di Banyumas. Data-data yang diperoleh dari rumah sakit di Banyumas menunjukkan bahwa penderita stroke di Banyumas semakin bertambah tiap tahunnya, tercatat pada tahun 1997 penderita stroke di Banyumas sebanyak 255 orang, sedangkan pada tahun 1998 tercatat 298 orang, dan pada tahun 1999 tercatat 393 orang (Handayani, 2009).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengobati stroke iskemik adalah dengan cara pemasangan *stent* atau *angioplasty*. Pemasangan *stent* ini adalah teknik pelebaran pembuluh darah yang menyempit atau tersumbat sehingga dapat mengembalikan kecepatan aliran darah pada kondisi normal dan dapat memenuhi volume udara yang dibutuhkan oleh otak.

Penelitian ini juga dilakukan untuk mengasah kemampuan TCK (*Technological Content Knowledge*), TCK merupakan bagian dari TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) yang merupakan salah satu kerangka kerja yang mendapatkan perhatian akhir-akhir ini. TPACK merupakan sebuah disintesis pengetahuan yang bertujuan untuk mengintegrasikan antara teknologi pendidikan dengan materi pembelajaran sehingga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran yang dilakukan oleh seorang guru. TPACK dianggap sebagai kerangka kerja yang berpotensi untuk memberikan arah baru bagi guru dalam mengintegrasikan TIK

kedalam kegiatan belajar mengajar (Hewitt, 2008).

Berdasarkan uraian di atas, akan dilakukan penelitian dengan memodelkan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*. Penelitian ini akan mengembangkan suatu model persamaan diferensial matematika yang dibentuk dalam tiga dimensi. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan matematika tersebut adalah metode elemen hingga, metode ini digunakan karena metode elemen hingga merupakan metode yang sangat baik digunakan untuk mendiskritisasi benda-benda yang memiliki bentuk teratur agar didapat suatu nilai aproksimasi yang mendekati nilai sebenarnya. Software MATLAB dan FLU-ENT digunakan untuk membantu proses menganalisis dan simulasi model matematika tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. bagaimana model matematika aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*?
2. bagaimana pengaruh diameter *proksimal stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*?
3. bagaimana pengaruh diameter *distal stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*?
4. bagaimana pengaruh ketebalan *stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*?
5. bagaimana efektivitas metode elemen hingga dalam menganalisis masalah kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*?
6. bagaimana kevalidan untuk mengasah kemampuan TCK melalui analisis numerik aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dipecahkan, maka permasalahan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. pemasangan *stent* dilakukan pada arteri *karotis interna* kiri dekat percabangan aorta pada wanita berusia 55 tahun

2. jenis *stent* yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *bare-metal stent*
3. proses yang dianalisis adalah aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* berdasarkan ketebalan *stent*, diameter *distal*, dan diameter *proksimal stent*
4. jenis dan akibat yang menyebabkan penyempitan arteri *karotis* diabaikan
5. persamaan model matematika yang dilakukan adalah persamaan momentum yang dimodifikasi dari artikel milik Michele Conti yang berjudul " *Carotid artery hemodynamics before and after stenting: A patient specific CFD study*"
6. metode penyelesaian yang digunakan adalah metode elemen hingga dengan pendekatan kuadratik
7. analisis yang digunakan menggunakan bantuan software MATLAB
8. model matematika disimulasikan menggunakan FLUENT

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah dan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. untuk mengembangkan model matematika aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*
2. untuk mengetahui pengaruh diameter *proksimal stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*
3. untuk mengetahui pengaruh diameter *distal stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*.
4. untuk mengetahui pengaruh ketebalan *stent* terhadap kecepatan aliran darah pada arteri *karotis*.
5. untuk mengetahui efektivitas metode elemen hingga dalam menganalisis masalah kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.
6. untuk mengetahui kevalidan dalam mengasah kemampuan TCK melalui analisis numerik aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. sebagai acuan untuk peneliti lain dalam penelitian sejenis atau penelitian lebih lanjut
2. menambah pengetahuan baru bagi peneliti dalam bidang kesehatan
3. menjadi sumber bacaan bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian dalam bidang pemodelan matematika
4. menambah pengetahuan peneliti dalam bidang pemodelan matematika dengan memberikan kontribusi terhadap berkembangnya pengetahuan baru dalam pemodelan matematika menggunakan metode elemen hingga

### 1.6 Kebaharuan Penelitian

Adapun kebaruan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. adanya perbedaan model rumus dari penelitian sebelumnya, rumus pada penelitian milik Michele Conti adalah:

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u \right) + \nabla p - \nabla \cdot \mu \left( \nabla u + \nabla u^T \right) = f$$

sedangkan rumus pada penelitian ini adalah:

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho u \phi_y}{\partial y} = -\nabla P + \nabla \mu (\nabla u + \nabla u^R) - \rho gh$$

2. pada penelitian milik Michele Conti model matematika yang didapat diselesaikan dengan metode volume hingga sedangkan pada penelitian ini model matematika diselesaikan menggunakan metode elemen hingga dengan pendekatan kuadratik
3. menggunakan software MATLAB untuk menyelesaikan solusi numerik dari model matematika yang akan diselesaikan
4. model matematika akan disimulasikan menggunakan FLUENT
5. Hasil penelitian untuk mengasah kemampuan TCK

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pemodelan Matematika

Menurut Usman (2009:2) ”model adalah representasi suatu realitas dari seorang pemodel”. Dengan kata lain, model adalah jembatan antara dunia nyata dengan dunia berpikir untuk memecahkan suatu masalah. Proses penjabaran atau merepresentasikan dunia nyata ke dunia berpikir ini yang disebut *modelling* atau pemodelan. Di dalam proses representasi dunia nyata ke dunia model, dapat dilakukan berbagai proses transformasi, atau dapat dilakukan beberapa bentuk model. Ada model yang lebih mengembangkan in-terpretasi verbal (seperti bahasa), ada yang diin-terpretasikan dalam bahasa simbolik, seperti bahasa matematika, sehingga menghasilkan model kuantitatif.

Menurut Ripno (2011:16) secara umum pemodelan matematika merupakan usaha perancangan rumusan matematika yang secara potensial menggambarkan bagaimana mendapatkan penyelesaian masalah matematika yang digeneralisasikan untuk diterapkan pada perilaku atau kejadian alam.

Menurut Usman (2009:4) terdapat beberapa jenis model matematika antara lain:

1. model statis yaitu model yang tidak mempertimbangkan aspek waktu
2. model dinamik yaitu model yang mempertimbangkan aspek waktu
3. model deterministik yaitu model yang mempertimbangkan aspek ketidakpastian yang lebih menggambarkan realita dunia nyata
4. model stokastik yaitu model yang memasukkan ketidakpastian ke dalam model

Selain kategori di atas, model juga dapat dikatakan bersifat analitis maupun empiris. Model bersifat analitis jika dalam proses membangun model tersebut tanpa harus megandalkan data rill. Model ini lebih dibangun dari proses berpikir, membangun teori, maupun membangun *building block* yang dapat dijadikan sebagai model dasar dari analisis-analisis yang lain. Kebalikan dari model analitis,



model dikatakan bersifat empiris apabila dalam proses pembangunan model tersebut menggunakan data dari pengamatan empiris atau data riil.

Penyusunan pemodelan matematika terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. pengamatan fenomena sistem fisik yang akan dimodelkan
2. mengidentifikasi beberapa elemen yang menyusun sistem, termasuk variabel dependent dan variabel independen
3. identifikasi banyak elemen yang menyusun sistem dan pengidentifikasian hubungan sebab akibat, sebagaimana pada persamaan konservasi yang berhubungan dengan kuantitas keadaan sistem
4. penurunan model matematika menggunakan variabel dependent, yaitu dengan mengeksplor hubungan antara sebab akibat yang dimiliki (Iswanto, 2012:20)



Gambar 2.1 Tahapan penyusunan model matematika

## 2.2 *Computational Fluid Dynamic*(CFD)

*Computational fluid dynamic* (CFD) merupakan metode komputasi yang dapat digunakan untuk mempelajari dinamika fluida. Metode CFD dapat memberikan informasi dinamika fluida seperti kecepatan fluida, arah aliran fluida, tekanan, temperatur, serta konsentrasi secara simultan. Hasil perhitungan dapat ditampilkan dalam bentuk degradasi warna, plot kontur, atau vektor kecepatan.

Pada umumnya terdapat tiga tahapan yang harus dilakukan ketika melakukan simulasi CFD, yaitu sebagai berikut:

### 1. *Preprocessing*

Hal ini merupakan langkah pertama dalam membangun dan menganalisis sebuah model CFD. Teknisnya adalah membuat model dalam paket CAD (*Computer Aided Design*), membuat mesh yang sesuai, kemudian menerapkan kondisi batas dan sifat-sifat fluidanya.

### 2. *Solving solvers*(program inti pencari solusi)

CFD menghitung kondisi-kondisi yang diterapkan saat *preprocessing*

### 3. *Postprocessing*

Hal ini adalah langkah terakhir dalam analisis CFD. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengorganisasi dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD yang biasa berupa kurva, gambar, dan animasi.

Prosedur-prosedur yang digunakan dalam pendekatan program CFD yaitu sebagai berikut:

1. Pembuatan geometri dari model atau problem;
2. Bidang atau volume yang diisi fluida dibagi menjadi sel-sel kecil (*meshing*);
3. Pendefinisian model fisiknya, misalnya persamaan-persamaan gerak, entalpi, konversi species, (zat-zat yang kita definisikan, biasanya berupa komponen dari suatu reaktan);
4. Pendefinisian kondisi-kondisi batas, termasuk di dalamnya sifat-sifat dan perilaku dari batas-batas model atau problem. Untuk kasus transient, kasus awal juga didefinisikan;
5. Persamaan-persamaan matematika yang membangun CFD diselesaikan secara iteratif, bisa dalam kondisi tunak (*steady state*) atau *transient*;
6. Analisis dan visualisasi dari solusi CFD (Fermi: 2014).

Beberapa contoh penggunaan CFD adalah sebagai berikut:

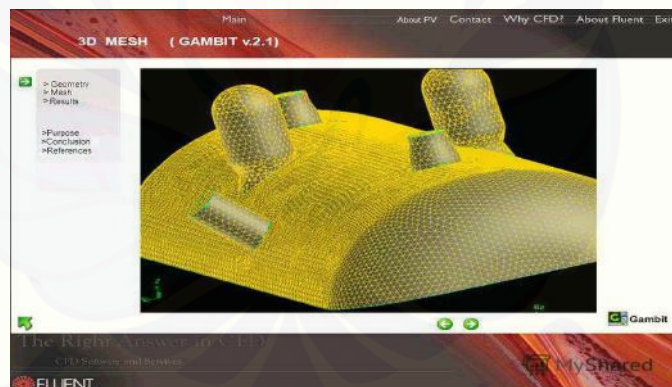
1. Pemodelan wind turbine rotor tipe HAWT *Horizontal Axis Wind Turbine* menggunakan metode volume hingga;
2. Analisis kecepatan aliran udara pada gedung bertingkat karena pengaruh penghalang di depannya;
3. Analisis kecepatan aliran hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) pada sterilisasi saluran akar gigi menggunakan metode numerik volume hingga;
4. Analisis sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam graf prisma dan tingkat kemiringan batang menggunakan metode volume hingga;
5. Analisis sirkulasi udara pada sistem pernafasan manusia menggunakan metode volume hingga.

## 2.3 Perangkat Lunak dalam CFD

### 2.3.1 GAMBIT

GAMBIT merupakan singkatan dari *Geometri and Mesh Building Intelligent Toolkit*. GAMBIT merupakan salah satu preprocessor yang didesain untuk membantu membuat model dan melakukan diskritisasi (*meshing*) pada model untuk analisis CFD baik berupa meshing pada benda 2 dimensi maupun benda 3 dimensi. Untuk memudahkan penggunaannya, GAMBIT menggunakan GUI (*Graphical User Interface*) saat proses penerimaan input.

GAMBIT dapat membuat model dan melakukan proses meshing untuk berbagai macam bentuk, termasuk bentuk-bentuk yang rumit dan tidak beraturan. Hal ini dikarenakan GAMBIT dapat melakukan meshing dengan berbagai macam bentuk mesh, yaitu mesh heksahedral terstruktur dan tidak terstruktur, tetrahedral, piramid, dan prisma. Selain itu, GAMBIT juga dapat melakukan pemeriksaan kualitas mesh sesuai dengan standar yang diinginkan. Tahap pemodelan terakhir pada GAMBIT adalah proses penentuan jenis kondisi batas. Mesh yang telah dibuat pada GAMBIT selanjutnya di ekspor ke solver FLUENT. (Susanto, 2012:486)



Gambar 2.2 Hasil meshing pada GAMBIT

Sumber: [www.google.com](http://www.google.com)

### 2.3.2 FLUENT

FLUENT adalah salah satu jenis program yang digunakan dalam analisis CFD. FLUENT merupakan perangkat lunak dalam komputer yang dapat digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida dan perpindahan panas. Aliran dan perpindahan dari berbagai fluida dapat disimulasikan kedalam bentuk geometri

yang rumit. Dengan menggunakan program FLUENT parameter-parameter aliran panas yang diinginkan dapat diketahui. FLUENT dapat menunjukkan distribusi tekanan, kecepatan aliran, laju aliran massa, distribus temperatur, dan pola aliran fluida yang terjadi pada tiap titik yang terdapat dalam sistem yang dianalisa.

Dalam penggunaannya, FLUENT memiliki kemampuan pemodelan sebagai berikut:

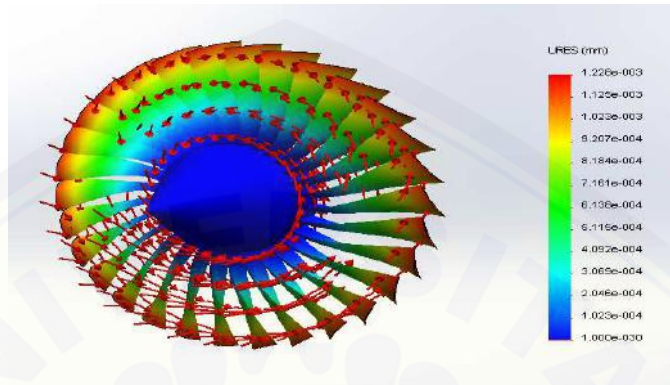
1. aliran 2D, 2D *axisymmetric*, dan 3D;
2. aliran tunak (steady) ataupun transien;
3. aliran fluida kompresibel dan inkompresibel untuk semua daerah kecepatan (subsonik, supersinik, dan hipersonik)
4. aliran inviskos, laminar, dan turbulen
5. perpindahan panas, meliputi konveksi paksa, konveksi bebas, campuran, konjugasi, (padatan/fluida), dan radiasi.

Idealnya, FLUENT sangat sesuai untuk mensimulasikan aliran dan perpindahan panas kompresibel maupun inkompresibel pada geometri yang rumit.

Setelah merencanakan analisis CFD pada model, langkah-langkah umum penyelesaian analisis CFD pada FLUENT sebagai berikut:

1. membuat geometri dan mesh pada model;
2. memilih solver yang tepat untuk model tersebut (2D atau 3D);
3. mengimpor mesh model (grid);
4. melakukan pemeriksaan pada mesh model;
5. memilih formulasi solver
6. memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisis misalnya laminar, turbulen, perpindahan kalor dan lain-lain;
7. menentukan sifat material yang akan dipakai ;
8. menentukan kondisi batas;
9. mengatur parameter kontrol solusi;
10. *initialize* aliran fluida;
11. melakukan perhitungan/iterasi;
12. memeriksa hasil iterasi;
13. menyimpan hasil iterasi (Supit dkk, 2014).

FLUENT dapat menghasilkan hasil simulasi berupa gambaran yang mendekati kondisi sebenarnya. Kita juga dapat memasukkan indikator yang sesuai dengan data yang diperoleh dari pengamatan. Untuk fluida kita dapat memasukkan suhu, kecepatan, serta tekanan yang ada pada objek sebenarnya (Tuakia, 2008:138).



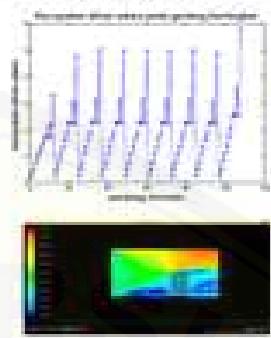

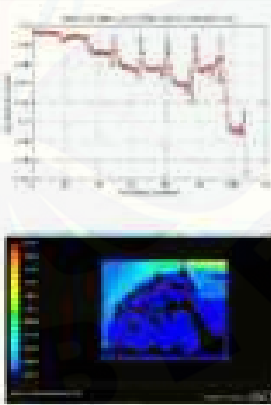
Gambar 2.3 Hasil simulasi FLUENT

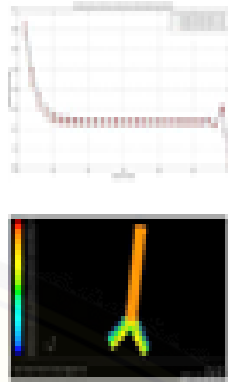
Sumber: www.google.com

Beberapa contoh penggunaan CFD dalam beberapa penelitian murni dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Murni Penggunaan CFD

No	Model Matematika	Simulasi CFD	Publikasi
1.	$\frac{\partial \rho v_x^2}{\partial x} + \left[ \frac{\partial \rho v_x v_y}{\partial y} - \frac{\partial \rho v_x v_z}{\partial z} \right] +$ $\left[ \frac{\partial \rho v_y v_x}{\partial y} - \frac{\partial \rho v_y v_z}{\partial z} \right] = -\nabla_x p +$ $\nabla_x \tau_x + \rho f_x$ <p>dimana:</p> $\tau_{xx} = 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x}, \quad \tau_{yy} = 2\mu \frac{\partial v_y}{\partial y},$ $\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left( \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)$		<p>Zahroh, Dafik, dan Fatahillah. 2015. <i>Pemodelan Wind Turbine Rotor Tipe Hauri (Horizontal Axis Wind Turbine) Menggunakan Metode Volume Hingga</i>. Kadikma, No. 2, Vol. 6, Hal 39-43</p>

No	Model Matematika	Simulasi CFD	Publikasi
1.	$\begin{aligned} & (\rho v \Delta y - \mu \Delta y) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (\mu \Delta y - \rho v \Delta y) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \\ & + (\rho v \Delta x - \mu \Delta x) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + (\mu \Delta x - \rho v \Delta x) \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \\ & = -C \frac{\partial u}{\partial x} \left( \frac{\Delta y}{\Delta x} + \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) - 2\mu \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - \\ & \mu \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 - 2\mu \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \\ & - P \Delta y - P \Delta x + \rho g (\Delta y + \Delta x) + \\ & 2\mu \left( \frac{\Delta y}{\Delta x} + \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) + \\ & \mu \left( u + v \frac{\Delta x}{\Delta y} + v + u \frac{\Delta y}{\Delta x} \right) \end{aligned}$		<p>Susanto, Dafik, dan Fatahillah. 2015. Analisis Kecepatan Aliran Udara pada Gedung Bertingkat karena Pengaruh Penghalang di Depan. <i>Kadima</i>, No. 1, Vol. 6, Hal 75-82</p>
2.	$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (-\rho \Delta y \Delta t - \rho \Delta y \Delta t \cos \theta) + \\ & \frac{\partial}{\partial t} (\rho \Delta y \Delta t + \rho \Delta y \Delta t \cos \theta) + \\ & \frac{\partial}{\partial t} (\rho \Delta x \Delta t - \rho \Delta x \Delta t \sin \theta) + \\ & \frac{\partial}{\partial t} (-\rho \Delta x \Delta t - \rho \Delta x \Delta t \sin \theta) = \\ & -\rho \Delta y \Delta t - \rho \Delta x \Delta t + \rho g \Delta y \Delta t + \\ & \rho g \Delta x \Delta t + 2\mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Delta y \Delta t + \\ & \mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Delta y \Delta t + \mu \Delta t + \mu \Delta t + \\ & \mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Delta x \Delta t + 2\mu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \Delta x \Delta t \end{aligned}$		<p>Hardiyanti, Dafik, dan Fatahillah. 2015. Analisis Kecepatan Aliran Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Pada Stevilansi Saluran Akar Gigi Menggunakan Metode Numerik. <i>Volana Hingga Kadima</i>, No.1, Vol.6, Hal 13-26</p>
3.	$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} [\Delta y \Delta t \rho v - \Delta y \Delta t \rho] - \\ & \frac{\partial}{\partial t} [\Delta y \Delta t \rho v - \Delta y \Delta t \rho] + \\ & \frac{\partial}{\partial t} [\Delta x \Delta t \rho v - \Delta x \Delta t \rho] - \\ & \frac{\partial}{\partial t} [\Delta x \Delta t \rho v - \Delta x \Delta t \rho] \\ & = \rho [\Delta y \Delta t (\rho v' + \frac{1}{2} \rho v' v' + \mu v' + \\ & \rho v'^2 v - \frac{1}{2} v' v'^2) + \Delta x \Delta t (\rho v' + \\ & 2\mu v' + \frac{1}{2} \rho v' v' - \rho v' v'^2)] + \\ & \Delta y \Delta t (\rho g - \rho) + \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu v' + \mu v') \\ & + \Delta x \Delta t (\rho g - \rho) + \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu v' + \\ & + \mu v') + (\mu v' + \mu v') \end{aligned}$		<p>Komana, Dafik, dan Fatahillah. 2015. Analisis Sekelesi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanah Graf Prisma dan Tingkat Kemiringan Batang Menggunakan Metode Numerik Hingga Kadima. <i>Kadima</i>, No.1, Vol.6, Hal 49-62</p>

9	$\begin{aligned} & (\phi_1(\rho - \rho_0) - \phi_2(\rho - \rho_0))\Delta y + \\ & (\phi_1(\rho - \rho_0) - \phi_2(\rho - \rho_0))\Delta x = \\ & - P\Delta x - P\Delta y + (f_x + f_y)\Delta x\Delta y + \\ & \mu\left(\frac{u\Delta y}{\Delta x} + \frac{u\Delta x}{\Delta y}\right) + \mu\left(\frac{v\Delta y}{\Delta x} + \frac{v\Delta x}{\Delta y}\right) \end{aligned}$		Putra, Subarto, dan Fatahillah. 2017. <i>Analisis Sirkular Udara pada Sistem Pemanfaatan Manusia Menggunakan Metode Volume Hingga</i> . Kadikma, No.2, Vol.8, Hal 93-104
---	--	--	--

## 2.4 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi persamaan diferensial, baik persamaan diferensial biasa (*Ordinary Deifferential Equation*) maupun persamaan differensial parsial (*partial Differential Equation*). Metode elemen Hingga adalah salah satu metode pendekatan numerik yang berdasarkan permasalahan pada tiap-tiap elemen bagian yang dinamakan elemen hingga. Jadi metode elemen hingga adalah suatu metode pendekatan numerik yang digunakan untuk memecahkan permasalahan-permasalahan mekanika kontinum yang didasarkan pada tiap-tiap elemen bagian yang disebut elemen hingga (Fatahillah, 2010:110)

Proses inti metode elemen hingga adalah membagi masalah yang kompleks menjadi bagian-bagian kecil atau elemen-elemen sehingga solusi yang lebih sederhana dapat dengan mudah diperoleh. Solusi setiap elemen jika digabungkan akan menjadi solusi dari masalah secara keseluruhan.

Persamaan dalam Metode Elemen Hingga berbentuk :

$$[A] \{u\} = F$$

dimana :

$[A]$  = Matrik kekakuan

$\{u\}$  = Vektor kolom dengan komponen matrik berupa nilai nodal

$F$  = Gaya yang bekerja pada nodal

Pada prinsipnya penerapan metode elemen hingga terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Diskretisasi domain

Pada tahap ini peneliti harus menentukan jenis elemen yang akan kita gunakan. Biasanya elemen *triangular* (tiga sisi) dan elemen *quadrilateral* (empat sisi) digunakan untuk permasalahan dua dimensi, sedangkan untuk elemen *tetrahedral* (empat muka) dan elemen *heksahedral* (enam muka) digunakan untuk permasalahan tiga dimensi.

2. Penentuan bentuk fungsi aproksimasi

Pada tahap ini bentuk dari interpolasi ditentukan. Fungsi yang biasa digunakan adalah fungsi polinomial. Tingkat dari polinomial ini ditentukan oleh jumlah node pada setiap elemen dan syarat kontinuitas yang ditentukan pada batas elemen. Untuk elemen segitiga dengan tiga titik nodal fungsi interpolasinya adalah fungsi linier atau polinomial tingkat 1. Dengan enam titik nodal, fungsi interpolasi yang digunakan adalah fungsi polinomial tingkat 2 atau fungsi kuadrat.

3. Perhitungan properti elemen

Fungsi interpolasi yang telah ditentukan pada tahap (2) kemudian disubstitusikan kembali pada persamaan-persamaan diferensial dan diproses guna mendapatkan sistem persamaan linier atau sistem matriks yang merupakan properti dari elemen terkait.

4. Pembentukan sistem persamaan linier

Matriks-matriks elemen yang terbentuk kemudian digabung menjadi matriks global.

5. Pemecahan sistem persamaan linier

Sistem global yang terbentuk pada tahap (4) diproses (diselesaikan) sampai mendapatkan solusi dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB.



## 6. Post process hasil

Setelah solusi diperoleh pada tahap (5) , hasil dapat ditampilkan berupa grafik kontour atau plot (Kosasih, 2012).

Adapun langkah-langkah dalam memakai *finite element method* untuk analisa gerakan pada *continous system* yaitu:

1. *Discretization* daripada domain
  - o 1-D contoh pada sumbu x saja, atau mungkin juga pada sumbu x dan y saja
  - o 2-D contoh pada sumbu x dan y, atau biasa dikenal dengan r dan  $\theta$
  - o 3-D contoh pada sumbu x, y, z atau biasa dikenal dengan r,  $\theta$  dan z
2. Pilih *polynomial function* di dalam mencari *shape function*
3. Penjabaran *element equation* (Mulyadi, 2015).

Setiap permasalahan yang ada akan diselesaikan dengan pendekatan kuadratik.

Pada pendekatan kuadratik fungsi tersebut adalah

$$C = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 x^2$$

dengan  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  yaitu:

$$C = C_i \text{ dengan } x = 0$$

$$C = C_j \text{ dengan } x = \frac{l}{2}$$

$$C = C_k \text{ dengan } x = l$$

jadi

$$\alpha_1 = C_i$$

$$\alpha_2 = \frac{4C_j - 3C_i - C_k}{l}$$

$$\alpha_3 = (C_i - 2C_j + C_k) \frac{2}{l^2}$$

sehingga

$$C = C_i + \frac{4C_j - 3C_i - C_k}{l} x + (C_i - 2C_j + C_k) \frac{2}{l^2} x^2$$

$$C = C_i \left[ 1 - \frac{3x}{l} + 2\frac{x^2}{l^2} \right] + C_j \left[ \frac{4x}{l} - \frac{4x^2}{l^2} \right] + C_k \left[ \frac{-x}{l} + 2\frac{x^2}{l^2} \right]$$

$$C = C_i \left[ 1 - \frac{2x}{l} \left( 1 - \frac{x}{l} \right) \right] + C_j \left[ \frac{4x}{l} - \left( 1 - \frac{x}{l} \right) \right] + C_k \left[ \frac{-x}{l} \left( 1 - \frac{2x}{l} \right) \right]$$

dapat ditulis

$$C = N_i C_i + N_j C_j + N_k C_k$$

dengan

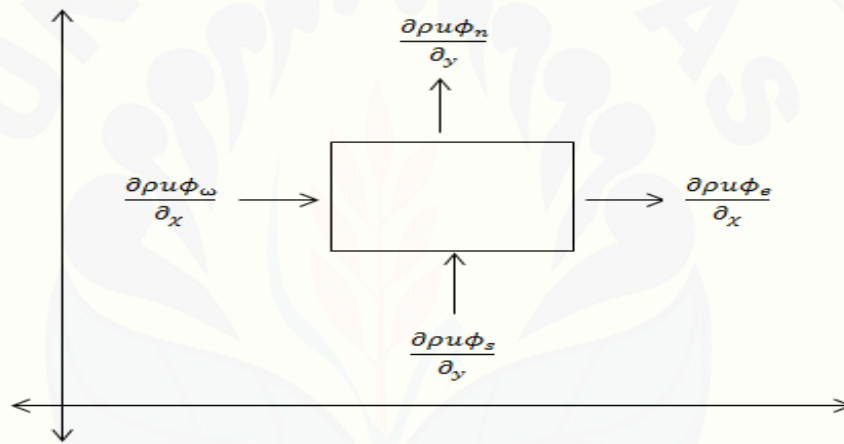
$$N_i = (1 - \frac{2x}{l})(1 - \frac{x}{l})$$

$$N_j = \frac{4x}{l}(1 - \frac{x}{l})$$

$$N_k = \frac{x}{l}(1 - \frac{2x}{l})$$

#### 2.4.1 Persamaan Momentum

Persamaan momentum dibentuk berdasarkan hukum kekekalan momentum yang diturunkan melalui persamaan diferensial gerak fluida dengan meninjau volume keunsuran atau sistem keunsuran (White, 1986:202).



Gambar 2.4 Bagan persamaan momentum

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + [pure\ rate] = \Sigma F \quad (2.1)$$

Umumnya Fluks momentum terjadi di keempat sisi seperti pada gambar di atas, namun pada penelitian ini fluks momentum hanya terjadi di sumbu y saja.  $\Sigma F$  adalah jumlah dari seluruh gaya-gaya yang bekerja didalam sistem. Gaya-gaya yang bekerja dalam penelitian ini adalah kecepatan, tekanan, densitas, dan viskositas.

## 2.5 Algoritma dan Pemrograman MATLAB

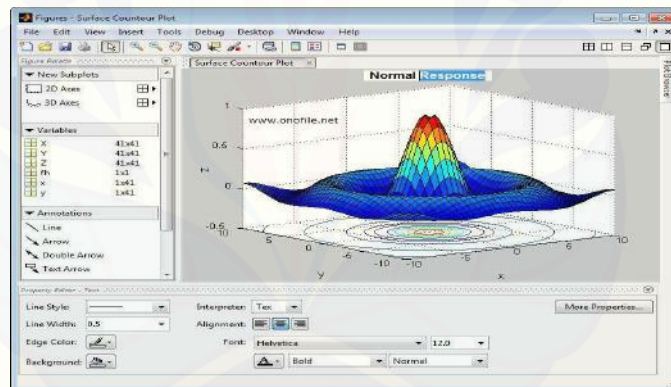
### 2.5.1 Algoritma dan Pemrograman

Algoritma adalah susunan langkah-langkah yang logis dan sistematis dalam memecahkan suatu masalah. Cara menyusun algoritma ada 3 yaitu:

1. Dengan merumuskan langkah-langkah pemecahan masalah melalui kalimat yang terstruktur (tersusun secara logis);
2. Menggabungkan kalimat dengan penggalan statements yang ada di suatu bahasa pemrograman yang biasa disebut pseudo code (mirip kode/perintah pemrograman);
3. Menggunakan diagram alir (*flowchart*);

Program merupakan perwujudan atau implementasi dari algoritma. Program ditulis dalam suatu bahasa pemrograman. Kegiatan menulis program disebut pemrograman atau *programing* (Saniman: 2008).

### 2.5.2 MATLAB



Gambar 2.5 Tampilan MATLAB  
sumber: [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan suatu program untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Program MATLAB pada awalnya merupakan *interface* untuk koleksi rutin-rutin numeric dari proyek LINPACK dan EISPACK, dan dikembangkan menggunakan bahas FORTRAN namun sekarang merupakan produk

komersial dari perusahaan Mathworks, Inc. Saat ini MATLAB telah berkembang menggunakan bahasa C++ dan assembler (terutama untuk fungsi-fungsi dasar MATLAB).

MATLAB berisi fungsi-fungsi *built-in* yang dapat digunakan untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya. MATLAB merupakan *software* yang paling efisien untuk perhitungan numeric berbasis matriks, dengan demikian jika dalam perhitungan kita dapat memformulasikan masalah kedalam format matriks, maka MATLAB merupakan *software* terbaik untuk penyelesaian numeriknya. MATLAB sering digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan teknik komputasi numerik, untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi, dan lain-lain.

Selain contoh-contoh yang telah disebutkan di atas, MATLAB juga banyak digunakan untuk:

1. matematika dan komputasi;
2. pengembangan dan Algoritma;
3. pemograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototype;
4. analisa data, eksplorasi dan visualisasi;
5. analisis numerik dan statistik;
6. pengembangan aplikasi teknik.

Bagian-bagian utama dalam MATLAB, yaitu:

1. Desktop Tools and Development Environment

Bagian ini merupakan bagian yang akan kita lihat ketika membuka jendela MATLAB. Bagian ini terdiri dari layar kerja (*workspace*), *command window* tempat menuliskan perintah pada MATLAB, jendela editor, *code analyzer*, *browser help*, dan lain sebagainya.

2. *Mathematical Function Library*

Bagian ini menyediakan pustaka fungsi-fungsi matematika dari fungsi-fungsi dasar hingga fungsi seperti sinus, cosinus, invers matriks, perkalian matriks, dan lain sebagainya.

### 3. *The Language*

Dari sisi bahasa (*language*), MATLAB merupakan bahasa tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk mengolah matriks, kontrol aliran program, fungsi, input-output, dan program yang berorientasi objek. Dengan MATLAB kita juga dapat membuat program dengan ukuran yang besar.

### 4. *Graphics*

MATLAB memiliki kemampuan grafis yang sangat baik, dengan menggunakan Matlab kita dapat membuat plot 2-dimensi, 3-dimensi, plot kontur, animasi, mengolah gambar, mengolah video, dan lain sebagainya.

### 5. *External Interface*

Tampilan eksternal dapat menautkan program atau pustaka lain yang berbahasa pemrograman C/C++, Java dan FORTRAN dengan MATLAB sebagai mesin komputasi utamanya. (Stefandi, 2014:3)

Ada beberapa macam window yang tersedia dalam MATLAB, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. *Command Window* atau editor

*Command window* atau editor merupakan window yang terbuka pertama kali ketika MATLAB dijalankan. Pada command window dapat dilakukan akses-akses ke command window MATLAB dengan cara mengetikkan barisan-barisan ekspresi MATLAB, seperti mengakses help window dan lain-lainnya. Perintah-perintah yang sudah diketikkan maupun hasil yang ditampilkan pada layar command window dapat disimpan dengan menggunakan command diary. Command window juga dapat digunakan untuk memanggil tool MATLAB seperti editor, debugger, atau fungsi. Command window juga merupakan tempat untuk menjalankan fungsi, mendeklarasikan variabel, menjalankan proses-proses, serta melihat isi variabel.

#### 2. *MATLAB Editor (M-File)*

MATLAB editor digunakan untuk menjalankan perintah-perintah yang kompleks (lebih dari satu perintah). MATLAB editor hanya disediakan oleh MATLAB versi 5 keatas. MATLAB editor secara spesifik berfungsi sebagai *editor script* (perintah-perintah seperti fungsi, luas, volume, dll). Untuk menampilkan MATLAB editor adalah sebagai berikut::

- o klik menu File, kemudian pilih New

- o pilih M-File, maka MATLAB akan menampilkan MATLAB editor.

3. *Current directory*

Window ini menampilkan isi dari direktori kerja saat menggunakan MATLAB. Kita dapat mengubah direktori ini sesuai dengan direktori kerja yang diinginkan. Default dari alamat direktori berada pada folder works tempat program files MATLAB berada.

4. *Command history*

window ini berfungsi untuk menyimpan perintah-perintah apa saja yang sebelumnya dilakukan oleh pengguna terhadap MATLAB.

5. *Workspace*

*Workspace* berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel-variabel yang aktif pada saat penggunaan MATLAB. Apabila variabel berupa data matriks yang berukuran besar maka user dapat melihat isi dari seluruh data dengan melakukan double klik pada variabel tersebut. MATLAB secara otomatis akan menampilkan window "array editor" yang berisikan data pada setiap variabel yang dipilih user.

6. *Getting Help*

*Getting Help* berisikan tentang tutorial lengkap mengenai MATLAB dan segala keunggulannya. User dapat menjalankan fungsi ini dengan menekan tombol pada toolbar atau dengan menulis perintah **'helpwin** pada command window. MATLAB juga menyediakan fungsi demos yang berisikan video tutorial MATLAB serta contoh-contoh program yang bisa dibuat dengan MATLAB.

Untuk menghentikan proses yang sedang berjalan pada MATLAB dapat dilakukan dengan menggunakan tombol **Ctrl-C**. Sedangkan untuk keluar dari MATLAB dapat dilakukan dengan menuliskan perintah **exit** atau **quit** pada command window atau dengan menekan menu exit pada bagian menu files dari menu bar (Cahyono: 2013).

### 2.5.3 Metode Gauss Seidel

Menurut Samosir (2014: 56) Metode iterasi Gauss-Seidel adalah metode yang menggunakan proses iterasi hingga diperoleh nilai-nilai yang berubah-ubah. Suatu sistem persamaan linier dapat dituliskan dengan bentuk  $AX = B$  dengan A

merupakan matriks koefisien dari  $x$ ,  $X$  merupakan matriks variabel sistem persamaan, dan  $B$  merupakan matriks konstanta dari sistem persamaan. Sistem  $AX=B$  dan  $Q$  adalah matriks non-singular dapat dituliskan dalam bentuk:

$$AX = B \quad (2.2)$$

$$(Q - A)X + AX = (Q - A)X + B$$

$$QX = (Q - A)X + B \quad (2.3)$$

selanjutnya dapat dituliskan dalam bentuk iterasi ke- $k$ :

$$QX^{(k)} = (Q - A)X^{(k-1)} + B, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (2.4)$$

Sebuah matriks  $A$  dapat dituliskan dalam bentuk  $A = L + D + U$ , dengan  $L$  adalah matriks segitiga bawah,  $D$  adalah matriks diagonal, dan  $U$  adalah matriks segitiga atas. Pada iterasi Gauss-Seidel dipilih  $Q = D + L$ , tetapi pada iterasi SOR dipilih  $Q = \frac{1}{\omega}D + L$  dengan  $\omega$  adalah faktor skala. Sehingga Persamaan

$$\begin{aligned} QX^{(k)} &= (Q - A)X^{(k-1)} + B \\ \left(\frac{1}{\omega}D + L\right)X^{(k)} &= \left(\frac{1}{\omega}D + L - A\right)X^{(k-1)} + B \\ \frac{1}{\omega}DX^{(k)} &= -LX^{(k)} + \left(\left(\frac{1}{\omega} - 1\right)D + D + L - A\right)X^{(k-1)} + B \\ \\ \frac{1}{\omega}DX^{(k)} &= -LX^{(k)} + \left(\left(\frac{1}{\omega} - 1\right)D - U\right)X^{(k-1)} + B \\ \omega D^{-1}\left(\frac{1}{\omega}DX^{(k)}\right) &= \omega D^{-1}\left[-LX^{(k)} + \left(\left(\frac{1}{\omega} - 1\right)D - U\right)X^{(k-1)} + B\right] \\ X^{(k)} &= \omega D^{-1}\left[-LX^{(k)} + \left(\frac{1}{\omega}D - D - U\right)X^{(k-1)} + B\right] \\ X^{(k)} &= -\omega D^{-1}LX^{(k)} + (1 - \omega - \omega D^{-1}U)X^{(k-1)} + \omega D^{-1}B \\ X^{(k)} &= (1 - \omega)X^{(k-1)} - \omega D^{-1}LX^{(k)} - \omega D^{-1}UX^{(k-1)} + \omega D^{-1}B \\ X^{(k)} &= (1 - \omega)X^{(k-1)} - \omega D^{-1}(LX^{(k)} + UX^{(k-1)} - B) \quad (2.5) \end{aligned}$$

untuk  $k = 1, 2, 3, \dots$ . Sistem persamaan linier merupakan sistem persamaan dengan pangkat dari variabelnya adalah 1. Sistem persamaan linier dengan  $n$  persamaan dan  $n$  variabel dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n &= b_3 \\ &\vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n \end{aligned} \quad (2.6)$$

dapat dituliskan dalam bentuk pemecahan mulai  $x_1$  sampai  $x_n$  seperti berikut:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{1}{a_{11}}(b_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 - \dots - a_{1n}x_n) \\ x_2 &= \frac{1}{a_{22}}(b_2 - a_{21}x_1 - a_{23}x_3 - \dots - a_{2n}x_n) \\ x_3 &= \frac{1}{a_{33}}(b_3 - a_{31}x_1 - a_{32}x_2 - \dots - a_{3n}x_n) \\ &\vdots \\ x_n &= \frac{1}{a_{nn}}(b_n - a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \dots - a_{nn-1}x_{n-1}) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Pada iterasi Gauss-Seidel nilai  $x_1$  yang telah diperoleh dimasukkan kedalam  $x_2$  yang akan dicari, karena nilai  $x_1$  yang diperoleh lebih dekat dengan nilai eksak. Selanjutnya untuk mencari nilai  $x_3$  maka tinggal memasukkan nilai  $x_1$  dan  $x_2$  yang telah diperoleh. Dan seterusnya sampai diperoleh akar dari sistem persamaan tersebut. Berikut contoh langkah-langkah penyelesaiannya:

o iterasi ke-1

$$\begin{aligned} x_1^1 &= \frac{1}{a_{11}}(b_1 - a_{12}x_2^0 - a_{13}x_3^0 - \dots - a_{1n}x_n^0) \\ x_2^1 &= \frac{1}{a_{22}}(b_2 - a_{21}x_1^1 - a_{23}x_3^0 - \dots - a_{2n}x_n^0) \\ x_3^1 &= \frac{1}{a_{33}}(b_3 - a_{31}x_1^1 - a_{32}x_2^1 - \dots - a_{3n}x_n^0) \\ &\vdots \\ x_n^1 &= \frac{1}{a_{nn}}(b_n - a_{n1}x_1^1 - a_{n2}x_2^1 - \dots - a_{nn-1}x_{n-1}^1) \end{aligned} \quad (2.8)$$



o iterasi ke-2

$$\begin{aligned}
 x_1^2 &= \frac{1}{a_{11}}(b_1 - a_{12}x_2^1 - a_{13}x_3^1 - \cdots - a_{1n}x_n^1) \\
 x_2^2 &= \frac{1}{a_{22}}(b_2 - a_{21}x_1^2 - a_{23}x_3^1 - \cdots - a_{2n}x_n^1) \\
 x_3^2 &= \frac{1}{a_{33}}(b_3 - a_{31}x_1^2 - a_{32}x_2^2 - \cdots - a_{3n}x_n^1) \\
 &\vdots \\
 x_n^2 &= \frac{1}{a_{nn}}(b_n - a_{n1}x_1^2 - a_{n2}x_2^2 - \cdots - a_{nn-1}x_{n-1}^2)
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

o dan seterusnya sampai langkah  $k$ .

Sehingga untuk mencari nilai  $x_i$  menggunakan iterasi Gauss-Seidel dengan langkah  $k = 1, 2, 3, \dots$  adalah,

$$x_i^k = \frac{1}{a_{ii}} \left( b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^k - \sum_{j=1+1}^n a_{ij}x_j^{k-1} \right) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{2.10}$$

Sedangkan untuk mencari nilai  $x_i$  menggunakan iterasi SOR dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  untuk langkah  $k$  adalah,

$$x_i^k = (1 - \omega)x_i^{k-1} + \frac{\omega}{a_{ii}} \left( b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^k - \sum_{j=1+1}^n a_{ij}x_j^{k-1} \right) \tag{2.11}$$

(Anton, 1987:359).

Pada Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.11), untuk  $\omega = 1$  akan diperoleh metode Gauss-Seidel. Metode Gauss-Seidel inilah yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linier yang muncul dalam penyelesaian numerik dari persamaan diferensial parsial tertentu.

#### 2.5.4 Galat atau *Error*

Salah satu aspek penting yang harus diperhatikan dalam perhitungan numerik adalah keakuratan penyelesaian yang diperoleh. penyelesaian yang diperoleh melalui komputasi numerik biasanya merupakan suatu hampiran atau nilai yang mendekati nilai sebenarnya (bukan merupakan nilai sebenarnya). Hal ini dikarenakan dalam penyelesaian yang diperoleh melalui komputasi numerik masih

memuat galat atau error. Galat adalah selisih yang ditimbulkan antara nilai eksak (nilai sebenarnya) dengan nilai yang dihasilkan dengan metode numerik.

Sumber galat pada suatu nilai hampiran atau nilai yang dihasilkan oleh metode numerik antara lain:

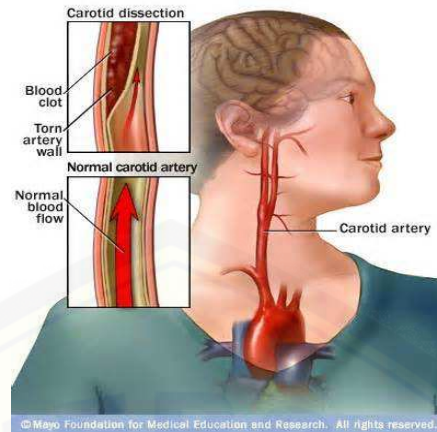
1. model matematika untuk suatu fenomena alam;
2. galat bawaan dari data masukan (parameter masukan);
3. metode penyelesaian;
3. adanya pembulatan dalam melakukan operasi-operasi aritmatika atau operasi-operasi jenis lain pada bilangan-bilangan yang terkait.

Selain sumber-sumber tersebut kesalahan numerik juga dapat disebabkan oleh kekurangcermatan (manusia), pemakaian alat ukur, dan penggunaan mesin hitung/kalkulator/komputer. Kekurangcermatan manusia dapat menyebabkan kesalahan didalam merumuskan model matematika suatu fenomena alam dan hasil pengukuran (kesalahan membaca alat ukur). Pemakaian alat ukur yang tidak akurat juga akan menghasilkan hasil pengukuran (data) yang mengandung galat. Keterbatasan mesin hitung/kalkuator/komputer dalam menyajikan suatu bilangan akan menghasilkan kesalahan-kesalahan pembulatan/pemangkasan.

Galat dalam komputasi numerik dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu:

1. Galat bawaan (*inherent error*) merupakan galat yang disebabkan oleh kesalahan hasil pengukuran, kesalahan data awal, dan sejenisnya.
2. Galat pemotongan merupakan galat yang berkaitan dengan metode numerik yang dipakai. Galat ini dapat terjadi karena adanya pemotongan deret tak berhingga yang menyangkut perhitungan nilai suatu fungsi atau nilai desimal, dan karena penghentian proses tak berhingga setelah langkah tertentu.
3. Galat pembulatan merupakan galat yang berkaitan dengan penggunaan sejumlah angka signifikan yang terbatas (Sahid, 2005:3-6)

## 2.6 Arteri *Karotis*



Gambar 2.6 Gambar arteri *karotis*

Sumber: [www.google.com](http://www.google.com)

Arteri karotis adalah pembuluh darah utama yang memasok darah beroksigen ke kepala dan leher. Letak arteri *karotis* adalah disepanjang leher dengan ukuran diameter lumen arteri *karotis* antara 4 sampai 10,7 mm. Arteri karotis berasal dari percabangan dari aorta. Arteri karotis komunis kanan merupakan cabang dari arteri innominata atau brakiosefalika, yang merupakan cabang pertama arkus aorta, sedangkan arteri karotis komunis kiri berasal dari percabangan langsung yang kedua dari arkus aorta. Setiap arteri berjalan dalam fasia, selubung karotis, di sebelah lateral tulang belakang, dan bercabang menjadi arteri karotis eksterna dan interna di setinggi antara vertebra servikalis ketiga dan kelima.

Arteri karotis eksterna merupakan percabangan dari arteri *karotis* komunis pada region midservikal. Bagian proksimal dari arteri ini berjalan anteromedial arteri *karotis* interna, namun arteri ini berjalan naik menuju posteromedial untuk mensuplai bagian-bagian wajah. Arteri *karotis* interna biasanya terletak di belakang dan lateral dari arteri *karotis* eksterna, dan bercabang menjadi arteri serebri media dan anterior. Arteri *karotis* interna terbagi menjadi beberapa segmen berdasarkan nama anatominya menjadi segmen servikalis, petrosus, kavernosa dan supraklimoid. Arteri *karotis* interna mensuplai sirkulasi otak bagian depan, sedangkan arteri *karotis* eksterna mensuplai sebagian besar struktur kepala dan leher ekstrakranial, kecuali mata.

Arteri *karotis* bersifat elastis, sifat elastis ini bermanfaat untuk mempertahankan tekanan darah agar tetap stabil. Pada keadaan normal, jika tekanan

didalam arteri karotis meningkat, maka diameter arteri *karotis* akan melebar sebagai bentuk adaptasi untuk menurunkan tekanan berlebih agar menjadi normal. Elastisitas arteri *karotis* tidak tetap, arteri *karotis* akan semakin kaku seiring dengan bertambahnya usia, ataupun karena pengapuran pada dindingnya. Penyebab lain dari kekakuan arteri *karotis* karena adanya tumpukan kolesterol pada lumen arteri *karotis* (Israr: 2009).

## 2.7 Stenosis Arteri *Karotis*



Gambar 2.7 Gambar stenosis arteri *karotis*

Sumber: Michele Conti: 2016

Stenosis arteri *karotis* adalah penyempitan lumen (permukaan dalam) dari arteri *karotis*. Stenosis paling sering disebabkan oleh arteriosklerosis, yaitu suatu plak atheromatosa akibat peradangan, yang terdiri dari sel nekrotik, lemak, dan kristal kolesterol. Plak dapat pecah dan menjadi sumber emboli yang menyumbat pembuluh darah di otak sehingga menyebabkan *transient ischemic stroke* atau stroke. Stroke merupakan penyebab kematian paling umum kedua di Eropa. Stenosis arteri karotis interna merupakan penyebab utama terjadinya stroke dan bertanggung jawab terhadap lebih dari 20-25% dalam kejadian stroke. Stenosis pada arteri karotis yang dapat menyebabkan terjadinya *stroke* adalah stenosis dengan ukuran penyempitan lumen sebesar 40% sampai 60% atau dengan ukuran diameter lumen arteri *karotis* sebesar 1,6 sampai 4,28 mm.

## 2.8 Penyakit Stroke Iskemik

Stroke berasal dari kata *strike* yang berarti pukulan pada sel otak. Secara garis besar stroke dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu stroke iskemik dan

stroke hemorragik. Stroke iskemik biasanya terjadi karena adanya gangguan distribusi oksigen ke otak. Hal ini terjadi karena adanya gangguan aliran darah pada pembuluh darah otak yang mengakibatkan aliran darah pada otak menjadi terlalu perlahan atau terlalu kencang sehingga sel-sel darah pada otak yang diurus pembuluh darah tersebut menjadi pecah dan mengakibatkan sel-sel otak tersebut mati.

Gejala stroke iskemik yang terlihat tergantung oleh sel otak yang rusak. Karena setiap sel otak mengatur setiap otot atau kelompok otot yang berbeda-beda. Gejala yang terlihat dapat berupa gejala ringan seperti gangguan gerakan sederhana sampai gejala yang berat seperti gangguan gerakan yang rumit, bahkan gejala yang terlihat dapat berupa gangguan yang lebih mendasar seperti gangguan emosi dan gangguan seksual.

Stroke iskemik mengakibatkan terjadinya penurunan fungsi dan aktivitas salah satu atau sekelompok otot yang diurus oleh satu saraf otak tertentu. Serangan stroke iskemik dapat terjadi secara tiba-tiba, serangan stroke iskemik dapat mengakibatkan kelumpuhan sebelah badan, kesadaran menurun, hingga koma dan fatal. Stroke iskemik tidak selalu terjadi pada seseorang yang telah berusia lanjut, stroke juga dapat menyerang seseorang yang masih berusia muda. Stroke dapat diakibatkan oleh beberapa hal diantaranya adalah penyakit darah tinggi, kekenyalan darah yang terlalu pekat, penyumbatan pada pembuluh darah, dll. (Yatim, 2005:10)

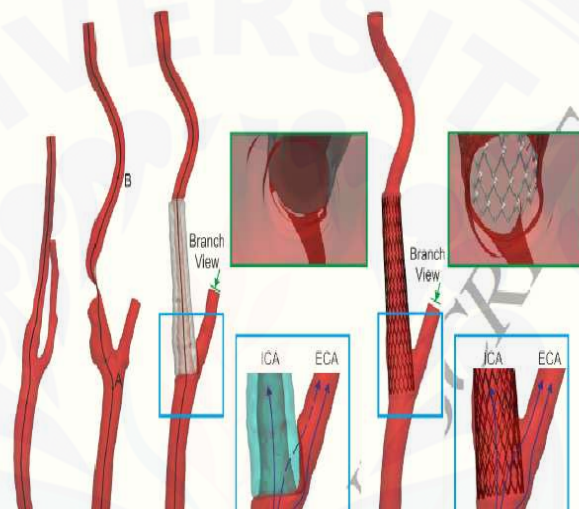
## 2.9 Pemasangan *Stent* atau *Angioplasty*

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi penyakit stroke iskemik adalah dengan cara *angioplasty*. Prosedur ini dilakukan untuk mengembalikan kecepatan aliran darah pada kondisi normal dan memenuhi volume darah yang dibutuhkan oleh otak. *Angioplasty* adalah teknik pelebaran pembuluh darah yang menyempit atau tersumbat akibat aterosklerosis. Pada *angioplasty* ini juga dilakukan pemasangan *stent*, *stent* adalah tabung dari logam halus yang bertindak sebagai penyangga untuk memberikan pelebaran di dalam arteri.

Jenis-jenis *stent* antara lain BMS (*Bare Metal Stent*), *stent* ini merupakan *stent* yang berbahan dasar metal polos. Kedua adalah DES (*Drug Eluting Stent*), *stent* ini merupakan *stent* yang dibalut dengan obat khusus. Ketiga adalah BVS

(*Bioresorbable Vascular Stent*) *stent* ini berbahan dasar *polylactic acid* yang dapat diserap oleh tubuh dalam jangka waktu tertentu. Jenis *stent* yang akan diteliti pada penelitian ini adalah jenis BMS (*Bare Metal Stent*)

Prosedur pemasangan *stent* adalah sebuah kateter balon ditempatkan di atas kawat panduan, digunakan untuk memasukkan *stent* ke dalam arteri yang menyempit. Setelah berada di arteri yang menyempit, ujung balon dikembangkan dan *stent* ikut mengembang sesuai dengan ukuran arteri untuk membuka penyempitan. Balon kemudian mengempes dan ditarik keluar sementara *stent* tetap di tempatnya (Suryono: 2014).



Gambar 2.8 Gambar pemasangan *stent* pada arteri *karotis*  
Sumber: Michele Conti: 2016

## 2.10 Fluida

Fluida merupakan zat yang dapat mengalir dan menyesuaikan diri dengan bentuk wadahnya. fluida dapat menyesuaikan diri dengan bentuk wadahnya dikarenakan tidak dapat menahan gaya yang bersinggungan dengan permukaannya (Haliiday, 2005: 387). jika fluida bergerak secara terus-menerus (*continue*) akibat adanya suatu gesekan atau tekanan sekecil apapun maka fluida tersebut dapat dikatakan kinematis, sedangkan bila fluida tersebut dalam keadaan diam atau tidak bergerak pada suatu wadah maka fluida tersebut dapat dikatakan fluida statis. Berdasarkan sudut kemampatannya (*compresibility*), secara umum fluida dapat dibedakan menjadi *compressible fluid* yaitu fluida yang memiliki tingkat kerapatan berubah-ubah dan *incompressible fluid* yaitu fluida yang memiliki tingkat

kerapatan yang tidak berubah atau perubahannya kecil sekali dan dianggap tidak ada, contohnya adalah zat cair (Mulyadi, 2010).

Fluida juga dapat dibedakan menjadi fluida Newtonian dan fluida non newtonian. Fluida dikatakan sebagai fluida newtonian jika tegangan gesernya berbanding lurus secara linier dengan kecepatan pada arah lurus dengan bidang geser. Fluida ini akan mengalir terus tanpa dipengaruhi oleh gaya-gaya yang bekerja pada fluida, contohnya air (Tiwow, 2015). Sedangkan fluida non newtonian merupakan fluida yang tegangan gesernya tidak berbanding lurus dengan laju regangannya (Yohana, 2010).

### 2.10.1 Jenis-Jenis Fluida

Dilihat dari bentuknya, fluida dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

#### 1. Gas

Gas merupakan salah satu bentuk fluida. Menurut Sutrisno (1997) gaya kohesi antar molekul-molekul pada gas sangatlah kecil, hal ini diakibatkan karena interaksi antar molekul-molekul jarang terjadi sehingga gas bersifat memenuhi seluruh ruangan yang ditempatinya. Gas memiliki permukaan yang bebas dan massanya selalu berkembang mengisi seluruh ruangan dan gas juga dapat dimampatkan.



Gambar 2.9 Fluida Gas  
Sumber: [www.merdeka.com](http://www.merdeka.com)

#### 2. Cair

Zat cair merupakan suatu zat yang bergerak dan berubah bentuk sesuai dengan wadah yang ditempatinya. Zat cair memiliki gaya kohesi yang relatif kuat dibandingkan dengan gas, sehingga zat cair cenderung

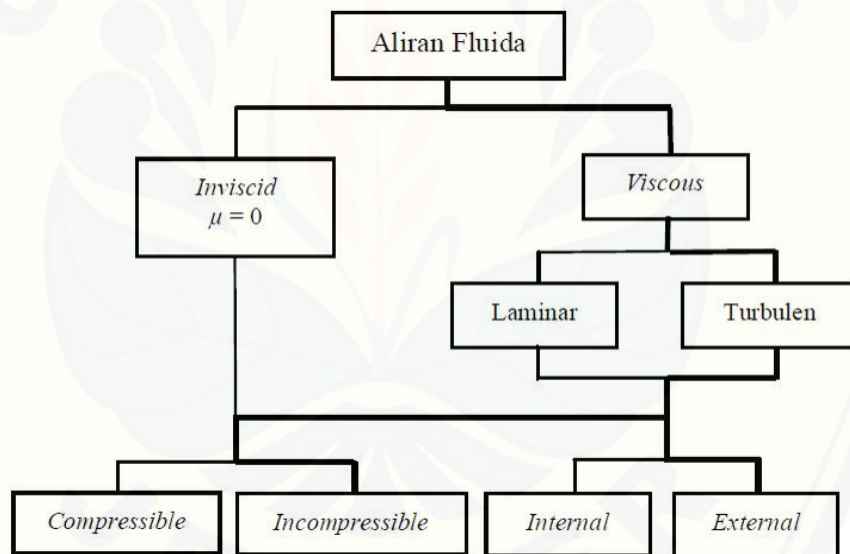
mempertahankan volumenya. Zat cair tidak dapat dimampatkan seperti gas, salah satu contoh zat cair adalah air.



Gambar 2.10 Fluida Cair  
Sumber: jogja.tribunnews.com

### 2.10.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida

Aliran fluida dapat diklasifikasikan sebagai berikut:



Gambar 2.11 Klarifikasi aliran fluida

(sumber: Fox, Robert W., McDonald, Alan T. 1994. *Introduction to Fluid Mechanics*. New York: John Wiley & Sons)

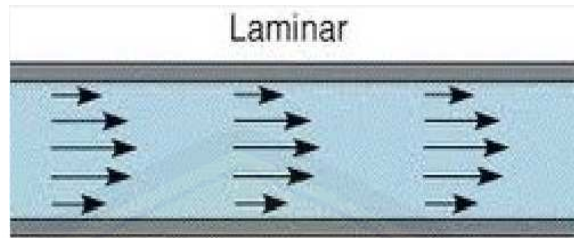
Menurut Ridwan (1997) berdasarkan gaya yang bekerja pada fluida, aliran fluida dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Aliran Laminar

Aliran laminar merupakan aliran fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara merata.



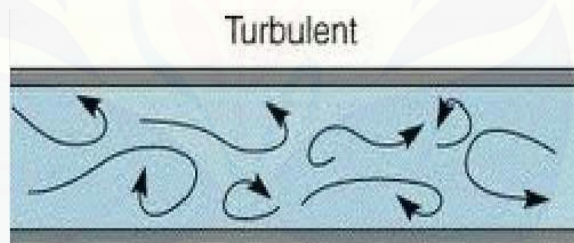
Viskositas dalam aliran laminar berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan-gerakan relatif antara lapisan. Aliran laminar ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 2.12 Aliran Laminar

## 2. Aliran Turbulen

Partikel-partikel fluida pada aliran turbulen bergerak dalam lintasan-lintasan yang tidak teratur, sehingga mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian fluida ke bagian lainnya dengan acak dan menyerupai perpindahan momentum molekular. Dalam aliran turbulen, turbulensi dapat mengakibatkan tegangan geser yang lebih besar di seluruh fluida dan mengakibatkan lebih banyak kerugian. Aliran turbulen ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 2.13 Aliran Turbulen

## 3. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen

Berdasarkan pergerakannya aliran fluida dapat dibedakan menjadi:

### 1. *Steady Flow*

*Steady flow* merupakan suatu aliran fluida yang kecepatannya tidak dipengaruhi oleh perubahan waktu, sehingga kecepatannya konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

2. *Non Steady Flow*

*Non steady flow* merupakan suatu aliran fluida yang kecepatannya dipengaruhi oleh perubahan waktu.

3. *Uniform Flow*

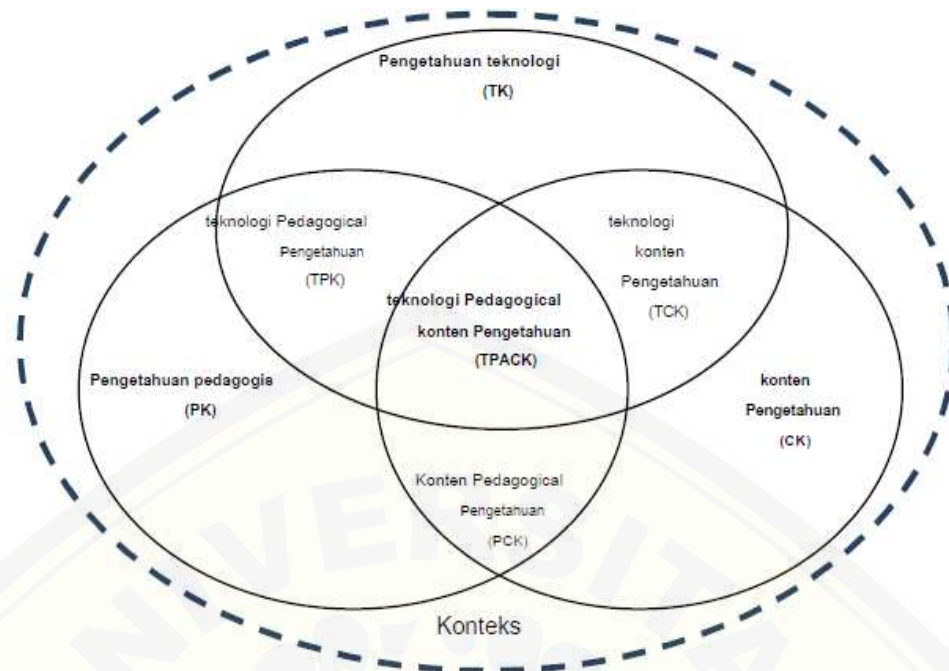
*Uniform flow* merupakan aliran fluida yang terjadi jika besar dan arah dari vektor-vektor kecepatannya tidak berubah dari satu titik ke titik berikutnya dalam aliran fluida tersebut.

4. *Non Uniform Flow*

*Non uniform flow* merupakan aliran fluida yang terjadi jika besar dan arah vektor-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasannya. Hal ini dapat terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.

### 2.11 TCK (*Technological Content Knowledge*)

TCK (*Technological Content Knowledge*) merupakan bagian dari TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*). Gagasan TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) secara resmi muncul dalam literatur dan jurnal pada tahun 2003. TCK ini mengacu pada bentuk disintesis pengetahuan yang bertujuan untuk mengintegrasikan antara teknologi dan pembelajaran. Isi penting dari TCK ini adalah tentang pengetahuan konten (materi) dan pengetahuan teknologi. Kerangka dari TCK dapat digunakan oleh guru dalam membantu guru untuk membuat pelajaran TIK yang terintegrasi, membantu guru untuk bekerja dengan teknologi dalam membuat kurikulum pendidikan, untuk merencanakan penggunaan teknologi dalam pembelajaran di dalam kelas, dan untuk mencari literatur yang berkaitan dengan teknologi pendidikan. Pada dasarnya TCK merupakan sebuah kerangka kerja yang kuat dan memiliki banyak potensi yang dapat digunakan dalam penelitian dan pengembangan teknologi dalam pendidikan. Diagram di bawah ini menggambarkan tentang hubungan antara bagian-bagian yang terdapat dalam TPACK:



Gambar 2.14 Bagian-bagian TPACK

Bagian-bagian inti TPACK antara lain:

1. TK (*Technological Knowledge*) yaitu pengetahuan tentang cara menggunakan perangkat keras TIK, perangkat lunak, dan perangkat terkait. Contohnya tentang cara menggunakan webb tools misalnya wiki, blog, facebook, dll. Pada penelitian ini peneliti mengasah kemampuan TK (*Technological Knowledge*) dengan cara penggunaan *software* MATLAB dan FLUENT untuk mencari penyelesaian dan mensimulasikan model matematika dari aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.
2. PK (*Pedagogical Knowledge*) yaitu pengetahuan tentang belajar siswa, metode pembelajaran, dan teori-teori pendidikan. Contohnya tentang bagaimana cara menggunakan pembelajaran berbasis masalah (PBL). Pada penelitian ini peneliti mengasah kemampuan PK (*Pedagogical Knowledge*) dengan cara membuat dan mencari penyelesaian dari masalah nyata tentang kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* dengan cara mengubah masalah tersebut menjadi model matematika.

3. CK (*Content Knowledge*) yaitu pengetahuan tentang materi pelajaran. Contohnya pengetahuan tentang materi matematika. Pada Penelitian ini peneliti mengasah kemampuan CK (*Content Knowledge*) dengan cara menganalisis kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* dengan menggunakan analisis numerik dan metode elemen hingga (Chai: 2003).



### BAB 3. METODE PENELITIAN

Dalam bagian ini akan dipaparkan metode penelitian yang akan dilakukan peneliti. Metode penelitian berfungsi sebagai panduan peneliti tentang urutan penelitian yang akan dilakukan. Bagian ini mencakup desain penelitian yang berupa jenis penelitian, tempat penelitian, definisi operasional, prosedur penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

#### 3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan jenisnya, penelitian ini merupakan jenis penelitian simulasi. Penelitian simulasi merupakan sebuah replikasi atau visualisasi dari perilaku sebuah sistem. Secara umum simulasi merupakan sebuah model yang berisi seperangkat variabel yang menampilkan ciri utama dari sistem kehidupan nyata. Penelitian simulasi bertujuan untuk mencari gambaran melalui sebuah sistem berskala kecil (model) dimana di dalam model tersebut akan dilakukan manipulasi atau kontrol untuk melihat pengaruhnya. Simulasi memungkinkan keputusan-keputusan yang akan menentukan bagaimana ciri-ciri utama itu bisa dimodifikasi secara nyata (Syaefudin: 2005). Pada penelitian ini, peneliti memodelkan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* menggunakan metode elemen hingga sehingga diperoleh hasil atau data-data yang mendekati keadaan sebenarnya.

#### 3.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian merupakan tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian. Pada penelitian ini, penyelesaian numerik dan pemodelan *Computational Fluid Dynamics* dilakukan di laboratorium matematika gedung III FKIP Universitas Jember yang telah tersedia sarana dan prasarana yang mendukung yaitu dengan adanya komputer yang dilengkapi dengan program MATLAB untuk penyelesaian numerik dan FLUENT untuk simulasi pemodelan serta berbagai sumber-sumber elektronik lainnya.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Di dalam penelitian dibutuhkan langkah-langkah (prosedur penelitian) yang merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan sampai diperoleh suatu hasil atau data-data yang akan dianalisis hingga mencapai suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Rancangan penelitian merupakan suatu rencana alur kegiatan penelitian yang dijadikan sebagai dasar langkah-langkah dalam melakukan penelitian. Langkah-langkah dalam penelitian direncanakan secara matang guna memudahkan dalam mengatasi masalah serta cara mengatasinya sampai menghasilkan suatu kesimpulan.

Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. melakukan studi pustaka tentang materi-materi yang berkaitan dengan aliran darah pada arteri *karotis*, pemasangan *stent*, dan metode elemen hingga
2. mengumpulkan data, data yang dipakai pada penelitian ini merupakan data simulasi
3. membuat model matematika aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* yang dipengaruhi oleh ketebalan *stent*, diameter *distensi*, dan diameter *proksimal stent* menggunakan metode elemen hingga dengan pendekatan kuadratik
4. menyelesaikan model matematika aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*
5. membuat algoritma dan pemograman MATLAB
6. menjalankan program
7. menganalisis algoritma dan keadaan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*
8. membuat bentuk geometri dan menentukan kondisi batas aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* menggunakan GAMBIT
9. simulasi menggunakan FLUENT
10. menganalisis hasil dari penyimulasian model dengan FLUENT
11. memberikan kesimpulan dan hasil.

### 3.4 Definisi Operasional

Untuk menghindari salah penafsiran, maka peneliti mendefinisikan beberapa istilah yang perlu untuk dipahami, yaitu:

1. Model Matematika merupakan sebuah representasi dari permasalahan dunia nyata atau suatu kejadian alam yang disajikan dalam bentuk permasalahan matematika.
2. CFD (*Computational Fluid Dynamic*) merupakan sistem atau teknologi komputer yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, serta fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika (model matematika).
3. FLUENT merupakan salah satu jenis program CFD yang menyediakan fleksibilitas *mesh* yang lengkap sehingga dapat membantu mempermudah dalam menyelesaikan kasus aliran fluida.
4. GAMBIT (*Geometry and Mesh Building Intelligent Toolkit*) merupakan salah satu *preprocessor* yang didesain untuk membantu membuat model dan melakukan diskritisasi (*meshing*) pada model untuk analisis CFD.
5. MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk melakukan komputasi matematika, mengembangkan algoritma, menghasilkan tampilan grafik, menganalisis data, melakukan simulasi dan pemodelan.
6. Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk penyelesaian masalah teknik dan fisika matematis, yang meliputi permasalahan analisis struktur, transfer panas, aliran fluida dan perpindahan massa.
7. TCK (*Technological Content Knowledge*) merupakan bentuk disintesis pengetahuan yang bertujuan untuk mengintegrasikan antara teknologi dengan materi pembelajaran.

### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan cara-cara yang digunakan untuk mengumpulkan data-data atau informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Metode pengumpulan data meliputi pengamatan (observasi), wawancara, kuesioner, ujian atau tes dan dokumentasi.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dokumentasi. Metode dokumentasi merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang berasal dari catatan, buku, surat kabar, transkrip, prasasti, majalah, notulen rapat, agenda, dan lain sebagainya. Peneliti akan memperoleh data-data yang dibutuhkan dengan mempelajari buku, jurnal ilmiah, serta data-data yang diambil dari berbagai catatan dan internet. Data yang meliputi koefisien akan diperoleh dari buku fisika, buku-buku patologi, buku-buku mengenai arteri *karotis*, dan data-data dari internet. Untuk mengasah kemampuan TCK melalui analisis numerik aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* menggunakan metode elemen hingga peneliti menggunakan *Peer validation*.

### 3.6 Data dan Analisis Data

Data memberikan gambaran tentang suatu keadaan atau permasalahan. Analisis data merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu penelitian. Analisis data bertujuan untuk mengolah data yang sudah didapat, data yang sudah dianalisis digunakan sebagai dasar dalam proses pengambilan keputusan dalam rangka mencari penyelesaian dari sebuah masalah dan mendapatkan kesimpulan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data simulasi.

Model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* yang telah dibentuk dengan metode elemen hingga selanjutnya didiskritisasi menjadi beberapa elemen yang lebih sederhana. Dengan metode diskritisasi tersebut akan didapatkan matriks yang menyatakan persamaan yang akan diselesaikan. Persamaan tersebut kemudian diselesaikan dengan menggunakan program MATLAB sehingga didapatkan penyelesaian numerik yang konvergen. penyelesaian ini mendekati penyelesaian eksak dari persamaan diferensialnya.

Apabila dalam perhitungan menggunakan MATLAB terdapat error atau selisih yang kecil dengan nilai sebenarnya maka hasil yang didapat sudah benar. akan tetapi jika terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan MATLAB dengan nilai yang sebenarnya, maka akan dicari kesalahan saat memodelkan dan validasi ulang dari proses penurunan rumus dan juga penyelesaian dengan MATLAB hingga didapat hasil yang benar.



Batasan untuk error adalah 0,01. Error 0,01 menandakan akurasi yang baik karena kesalahan tersebut hanya 1% sehingga menandakan kesalahan tersebut cukup kecil. Keakurasian model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* dapat ditentukan dengan menggunakan error relatif yang terdapat pada metode Gauss-Seidel.

Model matematika yang dibentuk pada GAMBIT adalah arteri *karotis* yang dipasang *stent*, model tersebut kemudian akan disimulasikan dengan FLUENT. Dengan demikian dapat dilihat secara jelas bagaimana model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* yang disajikan dalam output kontur gambar secara tiga dimensi.

### 3.7 Instrumen Validasi

Instrumen validasi digunakan peneliti untuk memperoleh tingkat kevalidan instrumen dalam mengasah kemampuan TCK melalui analisis numerik aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* menggunakan metode elemen hingga. Instrumen validasi yang digunakan pada penelitian ini adalah validasi sesama teman atau lebih dikenal dengan istilah *peer validation*.

### 3.8 Metode Analisis Validasi

Adapun langkah-langkah metode analisis validasi menggunakan *peer validation* untuk menentukan tingkat kevalidan instrumen dijelaskan sebagai berikut.

- a. Rata-rata nilai hasil validasi dari semua validator untuk setiap indikator dirumuskan:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_{ji}}{v}$$

Keterangan :

$V_{ji}$  : data nilai dari validator ke- $j$  terhadap indikator ke- $i$

$I_{ji}$  : rata-rata nilai indikator ke- $i$

$j$  : validator ke-

$i$  : indikator ke-

$v$  : banyak validator

b. Rumus untuk rata-rata setiap aspek adalah:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ji}}{m}$$

Keterangan :

$A_{ji}$  : rata-rata nilai aspek ke- $i$

$I_{ji}$  : rata-rata nilai untuk aspek ke- $i$  indikator ke- $j$

$j$  : aspek ke-

$i$  : indikator ke-

$m$  : banyak kriteria dalam aspek ke- $i$

c. Setiap aspek penilaian memperoleh nilai rata-rata semua kriteria. Selanjutnya menghitung rata-rata total semua aspek dengan rumus :

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

Keterangan :

$V_a$  : nilai rata-rata total semua aspek ke- $i$

$i$  : aspek yang dinilai

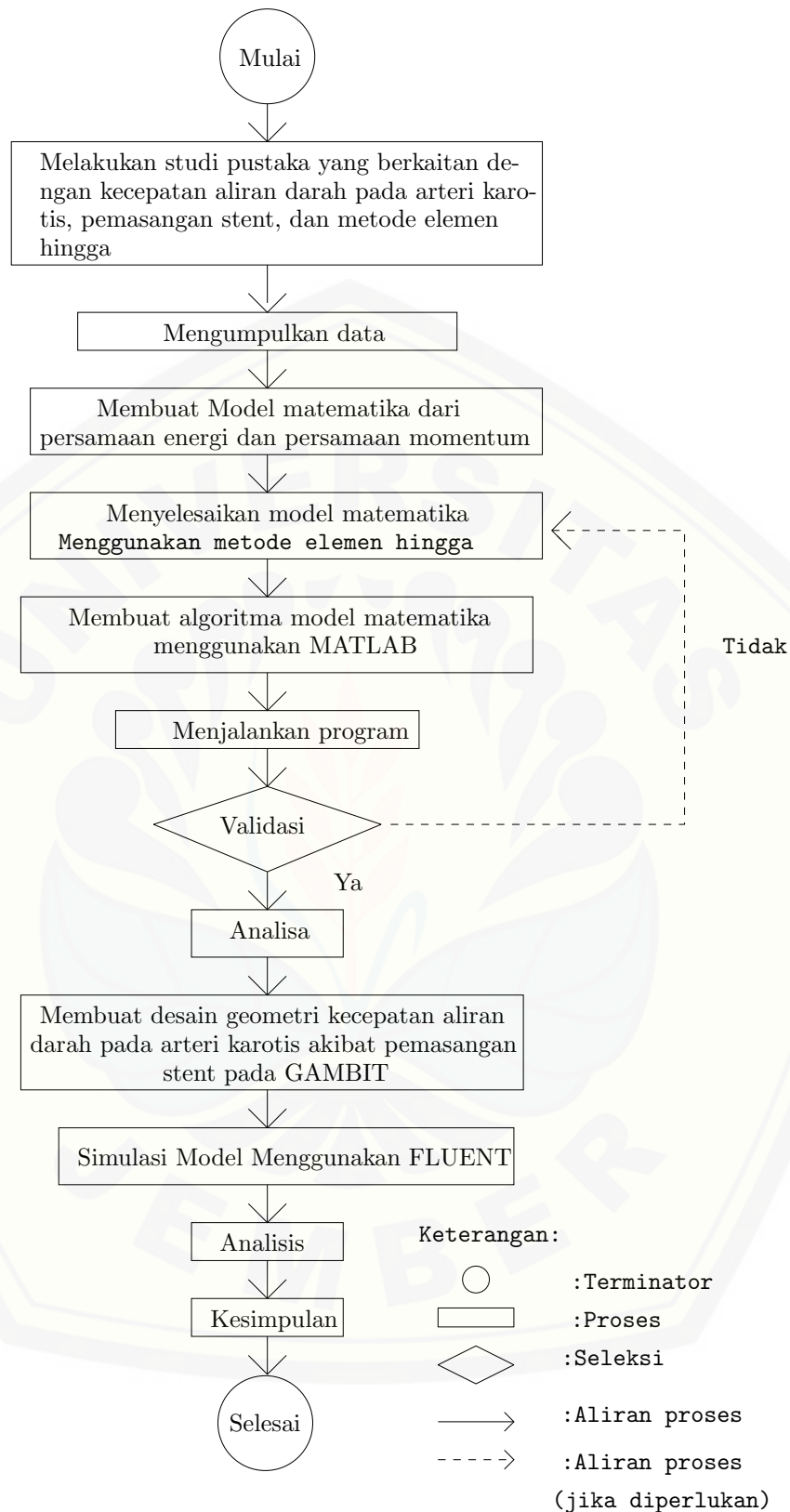
$n$  : banyak aspek

d Langkah terakhir adalah menentukan tingkat kevalidan instrumen sesuai tabel berikut.

**Tabel 3.1 Tingkat Kevalidan Instrumen**

Nilai $V_a$	Tingkat kevalidan
$V_a = 5$	Sangat valid
$4 \leq V_a < 5$	Valid
$3 \leq V_a < 4$	Cukup valid
$2 \leq V_a < 3$	Kurang valid
$1 \leq V_a < 2$	Tidak valid

(Hobri, 2010:52-53)



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* merupakan persamaan yang dinyatakan pada persamaan momentum. Berikut ini adalah persamaannya.

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho u \phi_y}{\partial y} = -\nabla P + \nabla \mu (\nabla u + \nabla u^R) - \rho gh$$

2. Semakin kecil ukuran diameter *proksimal stent* maka kenaikan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* semakin besar
3. Semakin kecil ukuran diameter *distal stent* maka kenaikan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* semakin besar
4. Semakin besar ukuran ketebalan *stent* maka kenaikan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* semakin besar
5. Persamaan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* adalah model yang efektif dalam menganalisis masalah kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* yang dipengaruhi oleh diameter *proksimal*, diameter *distal*, dan ketebalan *stent*.
6. Hasil validasi menunjukkan penelitian ini valid untuk mengasah kemampuan TCK peneliti dalam analisis model matematika kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis numerik kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent*:

1. Pemodelan kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* menggunakan metode elemen hingga ini bisa dikembangkan dengan

melakukan penelitian dengan menganalisis faktor lain dari pemasangan *stent* pada arteri *karotis*

2. Simulasi kecepatan aliran darah pada arteri *karotis* akibat pemasangan *stent* dapat dilakukan dengan bantuan software simulasi selain MATLAB dan FLUENT.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anton, Howard. 1987. *Aljabar Linier Elementer*. Jakarta: Erlangga
- Cahyono, Budi. 2013. *Penggunaan Software Matrix Laboratory (MATLAB) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier*. Phenomenon, No.1, Vol.1. hal 49-52
- Chai, dkk. 2003. *A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge*. Educational Technology & Society, No.16, vol.2. hal 31-33
- Conti, Michele. dkk. 2016. *Carotid Artery Hemodynamics Before and After Stenting: A Patient Specific CFD Study*. Computers & fluids, hal 23-24
- Fatahillah, A. 2010. Jurnal Kadikma. *Pemodelan dan Penyelesaian Numerik dari Permasalahan Korosi Besi yang Didasarkan Pada Sifat Kimia Larutan*.
- Fermi, M.I. 2014. *Pemanfaatan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD) dalam Perancangan Kompor Biomassa*. Jurnal Ilmiah Sains Terapan, No.1, Vol.5, hal 17
- Halliday, D. dkk. 2015. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Handayani, Y.H. dan Dewi, E.D. 2009. *Analisis Kualitas Hidup Penderita dan Keluarga Pasca Serangan Stroke (Dengan Gejala Sisa)*. Psycho Idea, No.1, Vol.7, hal 36-37
- Hardiyanti, Dafik, dan Fatahillah. 2015. *Analisis Kecepatan Aliran Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) Pada Sterilisasi Salursn Akar Gigi Menggunakan Metode Numerik Volume Hingga*. Kadikma, No.2, Vol.6, Hal 13-26
- Hewitt, J. 2008. *Reviewing the Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education, 8(4), 355-360

- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan*. Jember: Pena Salsabila
- Israr, Y.A. 2009. *Sistem Karotis*. Riau: Faculty of Medicine-University of Riau
- Iswanto, Ripno Juli. 2012. *Pemodelan Matematika Aplikasi dan Terapannya*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Kosasih, P.B. 2012. *Teori dan Aplikasi Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: C.V Andi Offset
- Mulyadi, Santoso. (Desember, 2015). *Analisa Kegagalan Produk Cutting Disc Mesin Pemotong Krupuk Singkong Dengan Metode Elemen Hingga*. ROTOR, No.2, Vol.8
- Mulyadi, Muhammad. 2009. *Analisis Aerodinamika Pada Sayap Pesawat Terbang Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD)*. [Online]. [http: www.gunadarma.ac.id](http://www.gunadarma.ac.id) [17 November 2017]
- Putra, Suharto, dan Fatahillah. 2017. *Analisis Sirkulasi Udara pada Sistem Pernafasan Manusia Menggunakan Metode Volume Hingga*. Kadikma, No.2, Vol.8, Hal 95-104
- Ridwan. 1997. *Mekanika Fluida Dasar*. Jakarta: Gunadarmas
- Romanza, Dafik, dan Fatahillah. 2015. *Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Prisma dan Tingkat Kemiringan Batang Menggunakan Metode Volume Hingga*. Kadikma, No.2, Vol.6, Hal 49-62
- Sahid. 2014. *Pengantar Komputasi Numerik dengan MATLAB*. Yogyakarta,: FMIPA UNY

- Samosir, Ken Kevin dan Masykur. 2014. *Perbandingan Metode Fast Decouple dan Metode Gauss-Seidell dalam Solusi Aliran Daya Sistem Distribusi 20KV dengan Menggunakan Etap Power Station dan MATLAB*. Singuda Ensikom, NO.2, Vol.7, Hal 55-60
- Saniman. dan Fathoni, M. 2008. *Pengantar Algoritma dan Pemograman*. Jurnal Saintikom, NO.1, Vol.4, Hal 120
- Stefandi, Andrias. 2014. *Kumpulan Proyek Fisika dengan Menggunakan MATLAB*. Jakarta: Fiveritas
- Supit, Luntungan, Maluegha. 2014. *Jurnal Simulasi Numerik Aliran Fluida dalam Penstock dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Jurnal Online Teknik Mesin, No.2, Vol.3
- Suryono. 2014. *Carotid Artery Stenting in a Patient With Transient Ischemic Attak*. Folia Medica Indonesia, No.4, Vol.50, hal 265-266
- Susanto, Tri Nugroho H. dan Sigit Pramana. (September, 2012). *Analisis Termohidrolik Tempat Penyimpanan Bahan Bakar Di Bulk Shielding Menggunakan CFD Fluent*. Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir ISSN 1410 8178, hal 484-489
- Sutrisno. 1997. *Fisika Dasar*. Bandung: ITB
- Syaefudin, U., Syamsudin, A. 2005. *Perencanaan Pendidikan Pendekatan Komprehensif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya Tur Dat
- Tiwow, Vistarani Arini. (April, 2015). *Analisis Fluida Newtonian Pada Pipa Tidak Horizontal*. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika, No.1, Vol.11, Hal 104-108



Tuakia, F. 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent*. Bandung: Informatika

Usman, Pagaly. 2009 *Mathematical Modelling*. Malang: UIN-Malang Press

White, Frank M. 1998. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga

Yatim, Faisal. 2005. *Waspada Jantung Koroner, Stroke, Meninggal Mendadak Atasi dengan Pola Hidup sehat*. Jakarta: Pustaka Populer Obor

Yohana, Eflita. 2000. *Studi Karakteristik Aliran Fluida Non Newtonian*. [Online].  
[http: ejournal.undip.ac.id](http://ejournal.undip.ac.id) [20 November 2017]

Zahroh, Dafik, dan Fatahillah. 2015. *Pemodelan Wind Turbine Rotor Tipe HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) Menggunakan Metode Volume Hingga*. Kadikma, No.2, Vol.6, Hal 39-48

LAMPIRAN A. FORMAT *PROGRAMMING* MATLABA.1 Format *Programming* Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* yang Dipengaruhi Oleh Ukuran Diameter Proksimal *Stent* Metode Biasa

```

clear all;
clc;
disp('-----');
disp('          SIMULASI PROGRAM KECEPATAN ALIRAN DARAH          ');
disp('          PADA ARTERI KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN STENT          ');
disp('          DIPENGARUHI OLEH DIAMETER PROKSIMAL STENT          ');
disp('          Menggunakan Metode Biasa          ');
disp('          Oleh :          ');
disp('          JIMMY PURNOMO HASAN          ');
disp('          NIM 140210101055          ');
disp('-----');
%Persamaan momentum
N=input('masukkan banyak diskritisasi = ');
u=input('masukkan kecepatan awal = ');
if u<0
    msgbox('u tidak boleh kurang dari 0 ');
    return;
end
j=0.0085;          %diameter distal stent
k=j/2;          %jari-jari distal stent
d1=0.0105;          %diameter proksimal stent
d2=0.0095;          %diameter proksimal stent
d3=0.0085;          %diameter proksimal stent
r1=d1/2;          %jari-jari proksimal stent
r2=d2/2;          %jari-jari proksimal stent
r3=d3/2;          %jari-jari proksimal stent
R=0.8;          %durasi waktu siklus jantung
h=1.60;          %tinggi stent terhadap permukaan tanah

```

```

u1=(r1^2)/(k^2)*u;           %kecepatan sistem
u2=(r2^2)/(k^2)*u;           %kecepatan sistem
u3=(r3^2)/(k^2)*u;           %kecepatan sistem
rho=1060;                     %massa jenis darah
D=0.003;                      %debit aliran
eta=0.0010;                   %kekentalan zat
miu=0.0015;                   %koefisien gesek
l=(N-1)*0.1;                  %panjang benda
g=10;                          %gaya gravitasi
P1=8*D*eta*l/(pi*r1^4);       %tekanan
P2=8*D*eta*l/(pi*r2^4);       %tekanan
P3=8*D*eta*l/(pi*r3^4);       %tekanan
ng=2*N+1;
disp(['Banyaknya node global y:',num2str(ng)]);
t=input('masukkan waktu = ');
dt=1;

%Matriks
A1kcl=[(-3*rho*u1/6) (4*rho*u1/6) (-1*rho*u1/6)
        (-4*rho*u1/6) (0) (4*rho*u1/6)
        (rho*u1/6) (-4*rho*u1/6) (3*rho*u1/6)];
A2kcl=[(-3*rho*u2/6) (4*rho*u2/6) (-1*rho*u2/6)
        (-4*rho*u2/6) (0) (4*rho*u2/6)
        (rho*u2/6) (-4*rho*u2/6) (3*rho*u2/6)];
A3kcl=[(-3*rho*u3/6) (4*rho*u3/6) (-1*rho*u3/6)
        (-4*rho*u3/6) (0) (4*rho*u3/6)
        (rho*u3/6) (-4*rho*u3/6) (3*rho*u3/6)];
A1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A2bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A3bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1;
A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A1kcl;
A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A2kcl;

```

```

A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A3kcl;
end
B1kcl=[4*1*rho/30 2*1*rho/30 -1*1*rho/30
        2*1*rho/30 16*1*rho/30 2*1*rho/30
        -1*1*rho/30 2*1*rho/30 4*1*rho/30];
B1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1
B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+B1kcl;
end
r1_old=zeros(2*N+1,1);
r1_old(1,1)=2*(P1-rho*g*h-miu*(-u1+u1^R+1));
r1_old(2*N+1,1)=2*(-P1+rho*g*h+miu*(-u1+u1^R+1));
r1_all=r1_old; r2_old=zeros(2*N+1,1);
r2_old(1,1)=2*(P2-rho*g*h-miu*(-u2+u2^R+1));
r2_old(2*N+1,1)=2*(-P2+rho*g*h+miu*(-u2+u2^R+1));
r2_all=r2_old; r3_old=zeros(2*N+1,1);
r3_old(1,1)=2*(P3-rho*g*h-miu*(-u3+u3^R+1));
r3_old(2*N+1,1)=2*(-P3+rho*g*h+miu*(-u3+u3^R+1));
r3_all=r3_old;

D1=A1bsr+2/dt*B1bsr; D2=A2bsr+2/dt*B1bsr; D3=A3bsr+2/dt*B1bsr;
E1=A1bsr-2/dt*B1bsr; E2=A2bsr-2/dt*B1bsr; E3=A3bsr-2/dt*B1bsr;
r1_new=D1\r1_old; r1_all=[r1_all r1_new]; r1_old=r1_new;
r2_new=D2\r2_old; r2_all=[r2_all r2_new]; r2_old=r2_new;
r3_new=D3\r3_old; r3_all=[r3_all r3_new]; r3_old=r3_new;
%Penyelesaian dalam waktu
for i=1:t
    r1_new=D1\(-E1*r1_old);
    r1_all=[r1_all r1_new];
    r1_old=r1_new;
    r2_new=D2\(-E2*r2_old);
    r2_all=[r2_all r2_new];
    r2_old=r2_new;

```

```
r3_new=D3\(-E3*r3_old);
r3_all=[r3_all r3_new];
r3_old=r3_new;
end

figure;
plot(mean(r1_all),'-ob');
hold on;
plot(mean(r2_all),'-or');
hold on;
plot(mean(r3_all),'-og');
hold on;
title('Program Simulasi Aliran Darah Dipengaruhi Diameter
Proksimal Stent Metode Biasa)
    'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',14);
xlabel('Panjang Stent','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12); ylabel('Kecepatan
Aliran Darah','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12);
legend('diameter proksimal 0.0105','diameter proksimal;
0.0095','diameter proksimal 0.0085');
```

## A.2 Format *Programming* Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* yang Dipengaruhi Oleh Ukuran Diameter Proksimal *Stent* Metode Biasa

```

clear all;
clc;
disp('-----');
disp('          SIMULASI PROGRAM KECEPATAN ALIRAN DARAH          ');
disp('          PADA ARTERI KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN STENT          ');
disp('          DIPENGARUHI OLEH DIAMETER PROKSIMAL STENT          ');
disp('          Menggunakan Metode Gauss-Seidel          ');
disp('          Oleh :          ');
disp('          JIMMY PURNOMO HASAN          ');
disp('          NIM 140210101055          ');
disp('-----');
%Persamaan momentum
N=input('masukkan banyak diskritisasi = ');
u=input('masukkan kecepatan awal = ');
if u<0
    msgbox('u tidak boleh kurang dari 0 ');
    return;
end
j=0.0085;          %diameter distal stent
k=j/2;          %jari-jari distal stent
d1=0.0105;          %diameter proksimal stent
d2=0.0095;          %diameter proksimal stent
d3=0.0085;          %diameter proksimal stent
r1=d1/2;          %jari-jari proksimal stent
r2=d2/2;          %jari-jari proksimal stent
r3=d3/2;          %jari-jari proksimal stent
R=0.8;          %durasi waktu siklus jantung
h=1.60;          %tinggi stent terhadap permukaan tanah
u1=(r1^2)/(k^2)*u;          %kecepatan sistem
u2=(r2^2)/(k^2)*u;          %kecepatan sistem

```

```

u3=(r3^2)/(k^2)*u;           %kecepatan sistem
rho=1060;                    %massa jenis darah
D=0.003;                     %debit aliran
eta=0.0010;                  %kekentalan zat
miu=0.0015;                  %koefisien gesek
l=(N-1)*0.1;                 %panjang benda
g=10;                         %gaya gravitasi
P1=8*D*eta*l/(pi*r1^4);      %tekanan
P2=8*D*eta*l/(pi*r2^4);      %tekanan
P3=8*D*eta*l/(pi*r3^4);      %tekanan
ng=2*N+1;
disp(['Banyaknya node global y:',num2str(ng)]);
t=input('masukkan waktu = ');
dt=1;

%Matriks
A1kcl=[(-3*rho*u1/6) (4*rho*u1/6) (-1*rho*u1/6)
        (-4*rho*u1/6) (0) (4*rho*u1/6)
        (rho*u1/6) (-4*rho*u1/6) (3*rho*u1/6)];
A2kcl=[(-3*rho*u2/6) (4*rho*u2/6) (-1*rho*u2/6)
        (-4*rho*u2/6) (0) (4*rho*u2/6)
        (rho*u2/6) (-4*rho*u2/6) (3*rho*u2/6)];
A3kcl=[(-3*rho*u3/6) (4*rho*u3/6) (-1*rho*u3/6)
        (-4*rho*u3/6) (0) (4*rho*u3/6)
        (rho*u3/6) (-4*rho*u3/6) (3*rho*u3/6)];
A1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A2bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A3bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1;
A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A1kcl;
A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A2kcl;
A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A3kcl;
end

```

```

B1kcl=[4*l*rho/30 2*l*rho/30 -1*l*rho/30
        2*l*rho/30 16*l*rho/30 2*l*rho/30
        -1*l*rho/30 2*l*rho/30 4*l*rho/30];
B1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1
B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+B1kcl;
end
r1_old=zeros(2*N+1,1);
r1_old(1,1)=2*(P1-rho*g*h-miu*(-u1+u1^R+1));
r1_old(2*N+1,1)=2*(-P1+rho*g*h+miu*(-u1+u1^R+1));
r1_all=r1_old; r2_old=zeros(2*N+1,1);
r2_old(1,1)=2*(P2-rho*g*h-miu*(-u2+u2^R+1));
r2_old(2*N+1,1)=2*(-P2+rho*g*h+miu*(-u2+u2^R+1));
r2_all=r2_old; r3_old=zeros(2*N+1,1);
r3_old(1,1)=2*(P3-rho*g*h-miu*(-u3+u3^R+1));
r3_old(2*N+1,1)=2*(-P3+rho*g*h+miu*(-u3+u3^R+1));
r3_all=r3_old;

D1=A1bsr+2/dt*B1bsr; D2=A2bsr+2/dt*B1bsr; D3=A3bsr+2/dt*B1bsr;
E1=A1bsr-2/dt*B1bsr; E2=A2bsr-2/dt*B1bsr; E3=A3bsr-2/dt*B1bsr;
r1_new=D1\r1_old; r1_all=[r1_all r1_new]; r1_old=r1_new;
r2_new=D2\r2_old; r2_all=[r2_all r2_new]; r2_old=r2_new;
r3_new=D3\r3_old; r3_all=[r3_all r3_new]; r3_old=r3_new;
%Penyelesaian dalam waktu
for i=1:t
    r1_new=D1\(-E1*r1_old);
    r1_all=[r1_all r1_new];
    r1_old=r1_new;
    r2_new=D2\(-E2*r2_old);
    r2_all=[r2_all r2_new];
    r2_old=r2_new;
    r3_new=D3\(-E3*r3_old);
    r3_all=[r3_all r3_new];

```



```

    r3_old=r3_new;
end

    %Gauss-Seidel
T=0.01;          %Toleransi
X0=zeros(2*N+1,1);
X0(1:2*N+1)=1.001;
H=X0';
eps=0.0157;
w=length(1);
X1=X0;
X2=X0;
X3=X0;
for k=1:N
for i=1:w
S1=r1_old(i)-r1_new(i,1:i-1)*X1(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
S1=r1_old(i)-r1_new(i,1:i-1)*X1(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
X1(i)=S1/r1_new(i,i);
S2=r2_old(i)-r2_new(i,1:i-1)*X2(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
X2(i)=S2/r2_new(i,i);
S3=r3_old(i)-r3_new(i,1:i-1)*X3(1:i-1)-r3_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
X3(i)=S3/r3_new(i,i);
end
e=abs(X2-X0);
error=norm(e);
reller=error/(norm(X2)*eps);
X0=X2;
H=[H,X0'];
if(error<T)|(reller<T)
break
end
end
disp(['besarnya error= ',num2str(error)]); disp(['besarnya

```

```
relatif error= ',num2str(reeller)]);  
H;  
X1;  
r1_all=[r1_all];  
rall1_plot=[rall1_plot];  
r2_all=[r2_all];  
rall2_plot=[rall2_plot];  
r3_all=[r3_all];  
rall3_plot=[rall3_plot];  
figure;  
plot(mean(r1_all),'-ob');  
hold on;  
plot(mean(r2_all),'-or');  
hold on;  
plot(mean(r3_all),'-og');  
hold on;  
title('Program Simulasi Aliran Darah Dipengaruhi  
Diameter Proksimal Stent Metode Gauss Seidel  
    'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',14);  
xlabel('Panjang Stent','color',[0 0 1],...  
    'fontweight','bold','fontsize',12); ylabel('Kecepatan  
Aliran Darah','color',[0 0 1],...  
    'fontweight','bold','fontsize',12);  
legend('diameter proksimal 0.0105','diameter proksimal;  
0.0095','diameter proksimal 0.0085');
```

### A.3 Format *Programming* Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* yang Dipengaruhi Oleh Ukuran Diameter Distal *Stent* Metode Biasa

```

clear all;
clc;
disp('-----');
disp('          SIMULASI PROGRAM KECEPATAN ALIRAN DARAH          ');
disp('          PADA ARTERI KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN STENT          ');
disp('          DIPENGARUHI OLEH DIAMETER DISTAL STENT          ');
disp('          Menggunakan Metode Biasa          ');
disp('          Oleh :          ');
disp('          JIMMY PURNOMO HASAN          ');
disp('          NIM 140210101055          ');
disp('-----');
%Persamaan momentum
N=input('masukkan banyak diskritisasi = ');
u=input('masukkan kecepatan awal = ');
if u<0
    msgbox('u tidak boleh kurang dari 0 ');
    return;
end
j1=0.0085;          %diameter distal stent
j2=0.0085;          %diameter distal stent
j3=0.0085;          %diameter distal stent
k1=j1/2;          %jari-jari distal stent
k2=j2/2;          %jari-jari distal stent
k3=j3/2;          %jari-jari distal stent
d=0.0105;          %diameter proksimal stent
r=d/2;          %jari-jari proksimal stent
R=0.8;          %durasi waktu siklus jantung
h=1.60;          %tinggi stent terhadap permukaan tanah
u1=(r^2)/(k1^2)*u;          %kecepatan sistem
u2=(r^2)/(k2^2)*u;          %kecepatan sistem

```

```

u3=(r^2)/(k3^2)*u;           %kecepatan sistem
rho=1060;                    %massa jenis darah
D=0.003;                     %debit aliran
eta=0.0010;                  %kekentalan zat
miu=0.0015;                  %koefisien gesek
l=(N-1)*0.1;                 %panjang benda
g=10;                        %gaya gravitasi
P1=8*D*eta*l/(pi*k1^4);      %tekanan
P2=8*D*eta*l/(pi*k2^4);      %tekanan
P3=8*D*eta*l/(pi*k3^4);      %tekanan
ng=2*N+1;
disp(['Banyaknya node global y:',num2str(ng)]);
t=input('masukkan waktu = ');
dt=1;

%Matriks
A1kcl=[(-3*rho*u1/6) (4*rho*u1/6) (-1*rho*u1/6)
        (-4*rho*u1/6) (0) (4*rho*u1/6)
        (rho*u1/6) (-4*rho*u1/6) (3*rho*u1/6)];
A2kcl=[(-3*rho*u2/6) (4*rho*u2/6) (-1*rho*u2/6)
        (-4*rho*u2/6) (0) (4*rho*u2/6)
        (rho*u2/6) (-4*rho*u2/6) (3*rho*u2/6)];
A3kcl=[(-3*rho*u3/6) (4*rho*u3/6) (-1*rho*u3/6)
        (-4*rho*u3/6) (0) (4*rho*u3/6)
        (rho*u3/6) (-4*rho*u3/6) (3*rho*u3/6)];
A1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A2bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A3bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1;
A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A1kcl;
A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A2kcl;
A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A3kcl;
end

```

```

B1kcl=[4*l*rho/30 2*l*rho/30 -1*l*rho/30
        2*l*rho/30 16*l*rho/30 2*l*rho/30
        -1*l*rho/30 2*l*rho/30 4*l*rho/30];
B1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1
B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+B1kcl;
end
r1_old=zeros(2*N+1,1);
r1_old(1,1)=2*(P1-rho*g*h-miu*(-u1+u1^R+1));
r1_old(2*N+1,1)=2*(-P1+rho*g*h+miu*(-u1+u1^R+1));
r1_all=r1_old; r2_old=zeros(2*N+1,1);
r2_old(1,1)=2*(P2-rho*g*h-miu*(-u2+u2^R+1));
r2_old(2*N+1,1)=2*(-P2+rho*g*h+miu*(-u2+u2^R+1));
r2_all=r2_old; r3_old=zeros(2*N+1,1);
r3_old(1,1)=2*(P3-rho*g*h-miu*(-u3+u3^R+1));
r3_old(2*N+1,1)=2*(-P3+rho*g*h+miu*(-u3+u3^R+1));
r3_all=r3_old;

D1=A1bsr+2/dt*B1bsr; D2=A2bsr+2/dt*B1bsr; D3=A3bsr+2/dt*B1bsr;
E1=A1bsr-2/dt*B1bsr; E2=A2bsr-2/dt*B1bsr; E3=A3bsr-2/dt*B1bsr;
r1_new=D1\r1_old; r1_all=[r1_all r1_new]; r1_old=r1_new;
r2_new=D2\r2_old; r2_all=[r2_all r2_new]; r2_old=r2_new;
r3_new=D3\r3_old; r3_all=[r3_all r3_new]; r3_old=r3_new;
%Penyelesaian dalam waktu
for i=1:t
    r1_new=D1\(-E1*r1_old);
    r1_all=[r1_all r1_new];
    r1_old=r1_new;
    r2_new=D2\(-E2*r2_old);
    r2_all=[r2_all r2_new];
    r2_old=r2_new;
    r3_new=D3\(-E3*r3_old);
    r3_all=[r3_all r3_new];

```

```
    r3_old=r3_new;
end

    figure;
plot(mean(r1_all),'-ob');
hold on;
plot(mean(r2_all),'-or');
hold on;
plot(mean(r3_all),'-og');
hold on;
title('Program Simulasi Aliran Darah Dipengaruhi
Diameter Distal Stent Metode Biasa
    'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',14);
xlabel('Panjang Stent','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12); ylabel('Kecepatan
Aliran Darah','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12);
legend('diameter distal 0.0105','diameter distal;
0.0095','diameter distal 0.0085');
```

#### A.4 Format *Programming* Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* yang Dipengaruhi Oleh Ukuran Diameter Distal *Stent* Metode Biasa

```

clear all;
clc;
disp('-----');
disp('          SIMULASI PROGRAM KECEPATAN ALIRAN DARAH          ');
disp('          PADA ARTERI KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN STENT          ');
disp('          DIPENGARUHI OLEH DIAMETER DISTAL STENT          ');
disp('          Menggunakan Metode Biasa          ');
disp('          Oleh :          ');
disp('          JIMMY PURNOMO HASAN          ');
disp('          NIM 140210101055          ');
disp('-----');
%Persamaan momentum
N=input('masukkan banyak diskritisasi = ');
u=input('masukkan kecepatan awal = ');
if u<0
    msgbox('u tidak boleh kurang dari 0 ');
    return;
end
j1=0.0085;          %diameter distal stent
j2=0.0085;          %diameter distal stent
j3=0.0085;          %diameter distal stent
k1=j1/2;          %jari-jari distal stent
k2=j2/2;          %jari-jari distal stent
k3=j3/2;          %jari-jari distal stent
d=0.0105;          %diameter proksimal stent
r=d/2;          %jari-jari proksimal stent
R=0.8;          %durasi waktu siklus jantung
h=1.60;          %tinggi stent terhadap permukaan tanah
u1=(r^2)/(k1^2)*u;          %kecepatan sistem
u2=(r^2)/(k2^2)*u;          %kecepatan sistem

```

```

u3=(r^2)/(k3^2)*u;           %kecepatan sistem
rho=1060;                    %massa jenis darah
D=0.003;                     %debit aliran
eta=0.0010;                  %kekentalan zat
miu=0.0015;                  %koefisien gesek
l=(N-1)*0.1;                 %panjang benda
g=10;                         %gaya gravitasi
P1=8*D*eta*l/(pi*k1^4);      %tekanan
P2=8*D*eta*l/(pi*k2^4);      %tekanan
P3=8*D*eta*l/(pi*k3^4);      %tekanan
ng=2*N+1;
disp(['Banyaknya node global y:',num2str(ng)]);
t=input('masukkan waktu = ');
dt=1;

%Matriks
A1kcl=[(-3*rho*u1/6) (4*rho*u1/6) (-1*rho*u1/6)
        (-4*rho*u1/6) (0) (4*rho*u1/6)
        (rho*u1/6) (-4*rho*u1/6) (3*rho*u1/6)];
A2kcl=[(-3*rho*u2/6) (4*rho*u2/6) (-1*rho*u2/6)
        (-4*rho*u2/6) (0) (4*rho*u2/6)
        (rho*u2/6) (-4*rho*u2/6) (3*rho*u2/6)];
A3kcl=[(-3*rho*u3/6) (4*rho*u3/6) (-1*rho*u3/6)
        (-4*rho*u3/6) (0) (4*rho*u3/6)
        (rho*u3/6) (-4*rho*u3/6) (3*rho*u3/6)];
A1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A2bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A3bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1;
A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A1kcl;
A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A2kcl;
A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A3kcl;
end

```



```

B1kcl=[4*l*rho/30 2*l*rho/30 -1*l*rho/30
        2*l*rho/30 16*l*rho/30 2*l*rho/30
        -1*l*rho/30 2*l*rho/30 4*l*rho/30];
B1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1
B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+B1kcl;
end
r1_old=zeros(2*N+1,1);
r1_old(1,1)=2*(P1-rho*g*h-miu*(-u1+u1^R+1));
r1_old(2*N+1,1)=2*(-P1+rho*g*h+miu*(-u1+u1^R+1));
r1_all=r1_old; r2_old=zeros(2*N+1,1);
r2_old(1,1)=2*(P2-rho*g*h-miu*(-u2+u2^R+1));
r2_old(2*N+1,1)=2*(-P2+rho*g*h+miu*(-u2+u2^R+1));
r2_all=r2_old; r3_old=zeros(2*N+1,1);
r3_old(1,1)=2*(P3-rho*g*h-miu*(-u3+u3^R+1));
r3_old(2*N+1,1)=2*(-P3+rho*g*h+miu*(-u3+u3^R+1));
r3_all=r3_old;

D1=A1bsr+2/dt*B1bsr; D2=A2bsr+2/dt*B1bsr; D3=A3bsr+2/dt*B1bsr;
E1=A1bsr-2/dt*B1bsr; E2=A2bsr-2/dt*B1bsr; E3=A3bsr-2/dt*B1bsr;
r1_new=D1\r1_old; r1_all=[r1_all r1_new]; r1_old=r1_new;
r2_new=D2\r2_old; r2_all=[r2_all r2_new]; r2_old=r2_new;
r3_new=D3\r3_old; r3_all=[r3_all r3_new]; r3_old=r3_new;
%Penyelesaian dalam waktu
for i=1:t
    r1_new=D1\(-E1*r1_old);
    r1_all=[r1_all r1_new];
    r1_old=r1_new;
    r2_new=D2\(-E2*r2_old);
    r2_all=[r2_all r2_new];
    r2_old=r2_new;
    r3_new=D3\(-E3*r3_old);
    r3_all=[r3_all r3_new];

```

```
        r3_old=r3_new;
    end
    %Gauss-Seidel
    T=0.01;          %Toleransi
    X0=zeros(2*N+1,1);
    X0(1:2*N+1)=1.001;
    H=X0';
    eps=0.0157;
    w=length(1);
    X1=X0;
    X2=X0;
    X3=X0;
    for k=1:N
        for i=1:w
            S1=r1_old(i)-r1_new(i,1:i-1)*X1(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
            X1(i)=S1/r1_new(i,i);
            S2=r2_old(i)-r2_new(i,1:i-1)*X2(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
            X2(i)=S2/r2_new(i,i);
            S3=r3_old(i)-r3_new(i,1:i-1)*X3(1:i-1)-r3_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
            X3(i)=S3/r3_new(i,i);
        end
        e=abs(X2-X0);
        error=norm(e);
        reller=error/(norm(X2)*eps);
        X0=X2;
        H=[H,X0'];
        if(error<T)|(reller<T)
            break
        end
    end
    disp(['besarnya error= ',num2str(error)]); disp(['besarnya
    relatif error= ',num2str(reller)]);
    H;
```

```
X1;
r1_all=[r1_all];
rall1_plot=[rall1_plot];
r2_all=[r2_all];
rall2_plot=[rall2_plot];
r3_all=[r3_all];
rall3_plot=[rall3_plot];
figure;
plot(mean(r1_all),'-ob');
hold on;
plot(mean(r2_all),'-or');
hold on;
plot(mean(r3_all),'-og');
hold on;
title('Program Simulasi Aliran Darah Dipengaruhi
Diameter Distal Stent Metode Gauss Seidel
    'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',14);
xlabel('Panjang Stent','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12); ylabel('Kecepatan
Aliran Darah','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12);
legend('diameter distal 0.0105','diameter distal;
0.0095','diameter distal 0.0085');
```

### A.5 Format *Programming* Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* yang Dipengaruhi Oleh Ukuran Ketebalan *Stent* Metode Biasa

```

clear all;
clc;
disp('-----');
disp('          SIMULASI PROGRAM KECEPATAN ALIRAN DARAH          ');
disp('          PADA ARTERI KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN STENT          ');
disp('          DIPENGARUHI OLEH KETEBALAN STENT          ');
disp('          Menggunakan Metode Biasa          ');
disp('          Oleh :          ');
disp('          JIMMY PURNOMO HASAN          ');
disp('          NIM 140210101055          ');
disp('-----');
%Persamaan momentum
N=input('masukkan banyak diskritisasi = ');
u=input('masukkan kecepatan awal = ');
if u<0
    msgbox('u tidak boleh kurang dari 0 ');
    return;
end
j=0.0085;          %diameter distal stent
k=j/2;          %jari-jari distal stent
d=0.0105;          %diameter proksimal stent
r=d/2;          %jari-jari proksimal stent
R=0.8;          %durasi waktu siklus jantung
s1=0.0007;          %Ketebalan Stent
s2=0.0004;          %Ketebalan Stent
s3=0.0001;          %Ketebalan Stent
h=1.60;          %tinggi stent terhadap permukaan tanah
k1=k-s1;          %jari-jari distal dipengaruhi ketebalan stent
k2=k-s2;          %jari-jari distal dipengaruhi ketebalan stent
k3=k-s3;          %jari-jari distal dipengaruhi ketebalan stent

```

```

r1=r-s1;          %jari-jari proksimal dipengaruhi ketebalan stent
r2=r-s2;          %jari-jari proksimal dipengaruhi ketebalan stent
r3=r-s3;          %jari-jari proksimal dipengaruhi ketebalan stent
u1=(r1^2)/(k1^2)*u; %kecepatan sistem
u2=(r2^2)/(k2^2)*u; %kecepatan sistem
u3=(r3^2)/(k3^2)*u; %kecepatan sistem
rho=1060;          %massa jenis darah
D=0.003;           %debit aliran
eta=0.0010;        %kekentalan zat
miu=0.0015;        %koefisien gesek
l=(N-1)*0.1;       %panjang benda
g=10;              %gaya gravitasi
P1=8*D*eta*l/(pi*r1^4); %tekanan
P2=8*D*eta*l/(pi*r2^4); %tekanan
P3=8*D*eta*l/(pi*r3^4); %tekanan
ng=2*N+1;
disp(['Banyaknya node global y:',num2str(ng)]);
t=input('masukkan waktu = ');
dt=1;

%Matriks
A1kcl=[(-3*rho*u1/6) (4*rho*u1/6) (-1*rho*u1/6)
        (-4*rho*u1/6) (0) (4*rho*u1/6)
        (rho*u1/6) (-4*rho*u1/6) (3*rho*u1/6)];
A2kcl=[(-3*rho*u2/6) (4*rho*u2/6) (-1*rho*u2/6)
        (-4*rho*u2/6) (0) (4*rho*u2/6)
        (rho*u2/6) (-4*rho*u2/6) (3*rho*u2/6)];
A3kcl=[(-3*rho*u3/6) (4*rho*u3/6) (-1*rho*u3/6)
        (-4*rho*u3/6) (0) (4*rho*u3/6)
        (rho*u3/6) (-4*rho*u3/6) (3*rho*u3/6)];
A1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A2bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A3bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);

```

```

for i=0:N-1;
A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A1kcl;
A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A2kcl;
A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A3kcl;
end
B1kcl=[4*1*rho/30 2*1*rho/30 -1*1*rho/30
        2*1*rho/30 16*1*rho/30 2*1*rho/30
        -1*1*rho/30 2*1*rho/30 4*1*rho/30];
B1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1
B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+B1kcl;
end
r1_old=zeros(2*N+1,1);
r1_old(1,1)=2*(P1-rho*g*h-miu*(-u1+u1^R+1));
r1_old(2*N+1,1)=2*(-P1+rho*g*h+miu*(-u1+u1^R+1));
r1_all=r1_old; r2_old=zeros(2*N+1,1);
r2_old(1,1)=2*(P2-rho*g*h-miu*(-u2+u2^R+1));
r2_old(2*N+1,1)=2*(-P2+rho*g*h+miu*(-u2+u2^R+1));
r2_all=r2_old; r3_old=zeros(2*N+1,1);
r3_old(1,1)=2*(P3-rho*g*h-miu*(-u3+u3^R+1));
r3_old(2*N+1,1)=2*(-P3+rho*g*h+miu*(-u3+u3^R+1));
r3_all=r3_old;

D1=A1bsr+2/dt*B1bsr; D2=A2bsr+2/dt*B1bsr; D3=A3bsr+2/dt*B1bsr;
E1=A1bsr-2/dt*B1bsr; E2=A2bsr-2/dt*B1bsr; E3=A3bsr-2/dt*B1bsr;
r1_new=D1\r1_old; r1_all=[r1_all r1_new]; r1_old=r1_new;
r2_new=D2\r2_old; r2_all=[r2_all r2_new]; r2_old=r2_new;
r3_new=D3\r3_old; r3_all=[r3_all r3_new]; r3_old=r3_new;
%Penyelesaian dalam waktu
for i=1:t
    r1_new=D1\(-E1*r1_old);
    r1_all=[r1_all r1_new];
    r1_old=r1_new;

```

```
r2_new=D2\(-E2*r2_old);
r2_all=[r2_all r2_new];
r2_old=r2_new;
r3_new=D3\(-E3*r3_old);
r3_all=[r3_all r3_new];
r3_old=r3_new;

end

figure;
plot(mean(r1_all),'-ob');
hold on;
plot(mean(r2_all),'-or');
hold on;
plot(mean(r3_all),'-og');
hold on;
title('Program Simulasi Aliran Darah Dipengaruhi
Ketebalan Stent Metode Biasa
    'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',14);
xlabel('Panjang Stent','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12); ylabel('Kecepatan
Aliran Darah','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12);
legend('ketebalan Stent 0.0007','Ketebalan Stent;
0.0004','Ketebalan Stent 0.0001');
```

**A.6 Format *Programming* Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* yang Dipengaruhi Oleh Ukuran Ketebalan *Stent* Metode Biasa**

```

clear all;
clc;
disp('-----');
disp('          SIMULASI PROGRAM KECEPATAN ALIRAN DARAH          ');
disp('          PADA ARTERI KAROTIS AKIBAT PEMASANGAN STENT          ');
disp('          DIPENGARUHI OLEH KETEBALAN STENT          ');
disp('          Menggunakan Metode Biasa          ');
disp('          Oleh :          ');
disp('          JIMMY PURNOMO HASAN          ');
disp('          NIM 140210101055          ');
disp('-----');
%Persamaan momentum
N=input('masukkan banyak diskritisasi = ');
u=input('masukkan kecepatan awal = ');
if u<0
    msgbox('u tidak boleh kurang dari 0 ');
    return;
end
j=0.0085;          %diameter distal stent
k=j/2;          %jari-jari distal stent
d=0.0105;          %diameter proksimal stent
r=d/2;          %jari-jari proksimal stent
R=0.8;          %durasi waktu siklus jantung
s1=0.0007;          %Ketebalan Stent
s2=0.0004;          %Ketebalan Stent
s3=0.0001;          %Ketebalan Stent
h=1.60;          %tinggi stent terhadap permukaan tanah
k1=k-s1;          %jari-jari distal dipengaruhi ketebalan stent
k2=k-s2;          %jari-jari distal dipengaruhi ketebalan stent
k3=k-s3;          %jari-jari distal dipengaruhi ketebalan stent

```



```

r1=r-s1;          %jari-jari proksimal dipengaruhi ketebalan stent
r2=r-s2;          %jari-jari proksimal dipengaruhi ketebalan stent
r3=r-s3;          %jari-jari proksimal dipengaruhi ketebalan stent
u1=(r1^2)/(k1^2)*u;      %kecepatan sistem
u2=(r2^2)/(k2^2)*u;      %kecepatan sistem
u3=(r3^2)/(k3^2)*u;      %kecepatan sistem
rho=1060;          %massa jenis darah
D=0.003;          %debit aliran
eta=0.0010;        %kekentalan zat
miu=0.0015;        %koefisien gesek
l=(N-1)*0.1;       %panjang benda
g=10;             %gaya gravitasi
P1=8*D*eta*l/(pi*r1^4); %tekanan
P2=8*D*eta*l/(pi*r2^4); %tekanan
P3=8*D*eta*l/(pi*r3^4); %tekanan
ng=2*N+1;
disp(['Banyaknya node global y:',num2str(ng)]);
t=input('masukkan waktu = ');
dt=1;

%Matriks
A1kcl=[(-3*rho*u1/6) (4*rho*u1/6) (-1*rho*u1/6)
        (-4*rho*u1/6) (0) (4*rho*u1/6)
        (rho*u1/6) (-4*rho*u1/6) (3*rho*u1/6)];
A2kcl=[(-3*rho*u2/6) (4*rho*u2/6) (-1*rho*u2/6)
        (-4*rho*u2/6) (0) (4*rho*u2/6)
        (rho*u2/6) (-4*rho*u2/6) (3*rho*u2/6)];
A3kcl=[(-3*rho*u3/6) (4*rho*u3/6) (-1*rho*u3/6)
        (-4*rho*u3/6) (0) (4*rho*u3/6)
        (rho*u3/6) (-4*rho*u3/6) (3*rho*u3/6)];
A1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A2bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
A3bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);

```

```

for i=0:N-1;
A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A1kcl;
A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A2bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A2kcl;
A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=A3bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+A3kcl;
end
B1kcl=[4*1*rho/30 2*1*rho/30 -1*1*rho/30
        2*1*rho/30 16*1*rho/30 2*1*rho/30
        -1*1*rho/30 2*1*rho/30 4*1*rho/30];
B1bsr=zeros(2*N+1,2*N+1);
for i=0:N-1
B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)=B1bsr(2*i+1:2*i+3,2*i+1:2*i+3)+B1kcl;
end
r1_old=zeros(2*N+1,1);
r1_old(1,1)=2*(P1-rho*g*h-miu*(-u1+u1^R+1));
r1_old(2*N+1,1)=2*(-P1+rho*g*h+miu*(-u1+u1^R+1));
r1_all=r1_old; r2_old=zeros(2*N+1,1);
r2_old(1,1)=2*(P2-rho*g*h-miu*(-u2+u2^R+1));
r2_old(2*N+1,1)=2*(-P2+rho*g*h+miu*(-u2+u2^R+1));
r2_all=r2_old; r3_old=zeros(2*N+1,1);
r3_old(1,1)=2*(P3-rho*g*h-miu*(-u3+u3^R+1));
r3_old(2*N+1,1)=2*(-P3+rho*g*h+miu*(-u3+u3^R+1));
r3_all=r3_old;

D1=A1bsr+2/dt*B1bsr; D2=A2bsr+2/dt*B1bsr; D3=A3bsr+2/dt*B1bsr;
E1=A1bsr-2/dt*B1bsr; E2=A2bsr-2/dt*B1bsr; E3=A3bsr-2/dt*B1bsr;
r1_new=D1\r1_old; r1_all=[r1_all r1_new]; r1_old=r1_new;
r2_new=D2\r2_old; r2_all=[r2_all r2_new]; r2_old=r2_new;
r3_new=D3\r3_old; r3_all=[r3_all r3_new]; r3_old=r3_new;
%Penyelesaian dalam waktu
for i=1:t
    r1_new=D1\(-E1*r1_old);
    r1_all=[r1_all r1_new];
    r1_old=r1_new;

```

```
r2_new=D2\(-E2*r2_old);
r2_all=[r2_all r2_new];
r2_old=r2_new;
r3_new=D3\(-E3*r3_old);
r3_all=[r3_all r3_new];
r3_old=r3_new;
end
%Gauss-Seidel
T=0.01;          %Toleransi
X0=zeros(2*N+1,1);
X0(1:2*N+1)=1.001;
H=X0';
eps=0.0157;
w=length(1);
X1=X0;
X2=X0;
X3=X0;
for k=1:N
for i=1:w
S1=r1_old(i)-r1_new(i,1:i-1)*X1(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
X1(i)=S1/r1_new(i,i);
S2=r2_old(i)-r2_new(i,1:i-1)*X2(1:i-1)-r1_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
X2(i)=S2/r2_new(i,i);
S3=r3_old(i)-r3_new(i,1:i-1)*X3(1:i-1)-r3_new(i,i+1:w)*X0(i+1:w);
X3(i)=S3/r3_new(i,i);
end
e=abs(X2-X0);
error=norm(e);
reller=error/(norm(X2)*eps);
X0=X2;
H=[H,X0'];
if(error<T)|(reller<T)
break
```

```
end
end
disp(['besarnya error= ',num2str(error)]); disp(['besarnya
relatif error= ',num2str(reeller)]);
H;
X1;
r1_all=[r1_all];
rall1_plot=[rall1_plot];
r2_all=[r2_all];
rall2_plot=[rall2_plot];
r3_all=[r3_all];
rall3_plot=[rall3_plot];
figure;
plot(mean(r1_all),'-ob');
hold on;
plot(mean(r2_all),'-or');
hold on;
plot(mean(r3_all),'-og');
hold on;
title('Program Simulasi Aliran Darah Dipengaruhi
Ketebalan Stent Metode Gauss Seidel
    'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',14);
xlabel('Panjang Stent','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12); ylabel('Kecepatan
Aliran Darah','color',[0 0 1],...
    'fontweight','bold','fontsize',12);
legend('ketebalan Stent 0.0007','Ketebalan Stent;
0.0004','Ketebalan Stent 0.0001');
```

## LAMPIRAN B. HASIL SIMULASI MATLAB DENGAN METODE BIASA

### B.1 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* dengan Diameter *Proximal Stent* 0.0105 m, 0.0095 m, dan 0.0085 m

Iterasi ke-	0.0105 m (m/s)	0.0095 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
1	0	0	0
2	0.0023	0.0028	0.0036
3	0.0069	0.0086	0.0108
4	0.0116	0.0143	0.0180
5	0.0163	0.0201	0.0252
6	0.0209	0.0258	0.0324
7	0.0256	0.0316	0.0397
8	0.0303	0.0373	0.0469
9	0.0350	0.0431	0.0542
10	0.0397	0.0489	0.0614
11	0.0445	0.0547	0.0687
12	0.0492	0.0605	0.0760
13	0.0540	0.0663	0.0832
14	0.0588	0.0722	0.0905
15	0.0636	0.0781	0.0979
16	0.0684	0.0839	0.1052
17	0.0733	0.0898	0.1126
18	0.0781	0.0958	0.1200
19	0.0831	0.1018	0.1273
20	0.0880	0.1078	0.1347
21	0.0930	0.1138	0.1422
22	0.0980	0.1198	0.1496
23	0.1031	0.1259	0.1571
24	0.1082	0.1319	0.1646
25	0.1133	0.1381	0.1721

Iterasi ke-	0.0105 <i>m</i> (m/s)	0.0095 <i>m</i> (m/s)	0.0085 <i>m</i> (m/s)
26	0.1185	0.1442	0.1797
27	0.1237	0.1504	0.1873
28	0.1289	0.1567	0.1949
29	0.1342	0.1629	0.2025
30	0.1396	0.1693	0.2102
31	0.1450	0.1756	0.2179
32	0.1504	0.1820	0.2257
33	0.1559	0.1884	0.2335
34	0.1614	0.1949	0.2413
35	0.1670	0.2014	0.2491
36	0.1727	0.2080	0.2570
37	0.1784	0.2146	0.2650
38	0.1842	0.2213	0.2729
39	0.1900	0.2280	0.2810
40	0.1959	0.2348	0.2890
41	0.2109	0.2416	0.2971
42	0.2079	0.2485	0.3053
43	0.2140	0.2555	0.3135
44	0.2201	0.2625	0.3217
45	0.2263	0.2695	0.3300
46	0.2326	0.2766	0.3383
47	0.2390	0.2838	0.3467
48	0.2454	0.2910	0.3552
49	0.2519	0.2983	0.3637
50	0.2585	0.3057	0.3722

Iterasi ke-	0.0105 <i>m</i> (m/s)	0.0095 <i>m</i> (m/s)	0.0085 <i>m</i> (m/s)
51	0.2652	0.3131	0.3808
52	0.2719	0.3206	0.3895
53	0.2787	0.3282	0.3982
54	0.2856	0.3358	0.4069
55	0.2925	0.3435	0.4158
56	0.2996	0.3513	0.4247
57	0.3067	0.3591	0.4336
58	0.3139	0.3670	0.4426
59	0.3212	0.3750	0.4517
60	0.3285	0.3831	0.4608
61	0.3360	0.3912	0.4700
62	0.3435	0.3994	0.4793
63	0.3511	0.4077	0.4886
64	0.3589	0.4161	0.4980
65	0.3667	0.4245	0.5074
66	0.3745	0.4330	0.5170
67	0.3825	0.4416	0.5266
68	0.3906	0.4503	0.5362
69	0.3987	0.4590	0.5459
70	0.4070	0.4679	0.5557
71	0.4153	0.4768	0.5656
72	0.4237	0.4858	0.5756
73	0.4322	0.4949	0.5856
74	0.4409	0.5041	0.5957
75	0.4496	0.5133	0.6059

Iterasi ke-	0.0105 <i>m</i> (m/s)	0.0095 <i>m</i> (m/s)	0.0085 <i>m</i> (m/s)
76	0.4584	0.5227	0.6161
77	0.4672	0.5321	0.6264
78	0.4762	0.5417	0.6368
79	0.4853	0.5513	0.6473
80	0.4945	0.5610	0.6578
81	0.5038	0.5708	0.6685
82	0.5131	0.5806	0.6792
83	0.5226	0.5906	0.6900
84	0.5321	0.6007	0.7009
85	0.5418	0.6108	0.7118
86	0.5516	0.6211	0.7228
87	0.5614	0.6314	0.7340
88	0.5714	0.6418	0.7452
89	0.5814	0.6523	0.7564
90	0.5914	0.6630	0.7678



**B.2 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* dengan Diameter *Distal Stent* 0.0095 m, 0.0090 m, dan 0.0085 m**

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
1	0	0	0
2	0.0025	0.0035	0.0049
3	0.0076	0.0106	0.0149
4	0.0127	0.0176	0.0249
5	0.0178	0.0247	0.0349
6	0.0229	0.0318	0.0449
7	0.0280	0.0389	0.0550
8	0.0331	0.0460	0.0650
9	0.0382	0.0531	0.0751
10	0.0433	0.0602	0.0852
11	0.0485	0.0673	0.0953
12	0.0536	0.0745	0.1055
13	0.0588	0.0817	0.1157
14	0.0639	0.0889	0.1259
15	0.0691	0.0961	0.1361
16	0.0743	0.1034	0.1464
17	0.0795	0.1106	0.1568
18	0.0847	0.1179	0.1672
19	0.0900	0.1253	0.1776
20	0.0952	0.1326	0.1881
21	0.1006	0.1400	0.1986
22	0.1059	0.1474	0.2093
23	0.1112	0.1549	0.2199
24	0.1165	0.1624	0.2307
25	0.1219	0.1699	0.2415

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
26	0.1273	0.1775	0.2524
27	0.1327	0.1815	0.2633
28	0.1381	0.1928	0.2744
29	0.1436	0.2005	0.2855
30	0.1491	0.2082	0.2967
31	0.1546	0.2160	0.3080
32	0.1601	0.2239	0.3194
33	0.1657	0.2318	0.3308
34	0.1713	0.2397	0.3424
35	0.1770	0.2478	0.3541
36	0.1827	0.2558	0.3658
37	0.1884	0.2640	0.3777
38	0.1941	0.2721	0.3896
39	0.1999	0.2804	0.4017
40	0.2057	0.2887	0.4139
41	0.2116	0.2971	0.4262
42	0.2175	0.3055	0.4386
43	0.2234	0.3140	0.4511
44	0.2294	0.3226	0.4638
45	0.2354	0.3313	0.4766
46	0.2415	0.3400	0.4895
47	0.2476	0.3488	0.5025
48	0.2537	0.3577	0.5156
49	0.2599	0.3666	0.5289
50	0.2661	0.3756	0.5423

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
51	0.2724	0.3847	0.5559
52	0.2787	0.3939	0.5696
53	0.2851	0.4032	0.5834
54	0.2916	0.4125	0.5974
55	0.2980	0.4219	0.6115
56	0.3046	0.4314	0.6257
57	0.3111	0.4410	0.6401
58	0.3178	0.4507	0.6547
59	0.3312	0.4605	0.6694
60	0.3380	0.4703	0.6842
61	0.3448	0.4803	0.6993
62	0.3517	0.4903	0.7144
63	0.3586	0.5005	0.7298
64	0.3586	0.5107	0.7452
65	0.3657	0.5210	0.7609
66	0.3727	0.5314	0.7767
67	0.3798	0.5419	0.7927
68	0.3870	0.5525	0.8088
69	0.3943	0.5632	0.8251
70	0.4016	0.5740	0.8416
71	0.4089	0.5849	0.8582
72	0.4164	0.5960	0.8750
73	0.4238	0.6071	0.8920
74	0.4314	0.6183	0.9091
75	0.4390	0.6296	0.9265

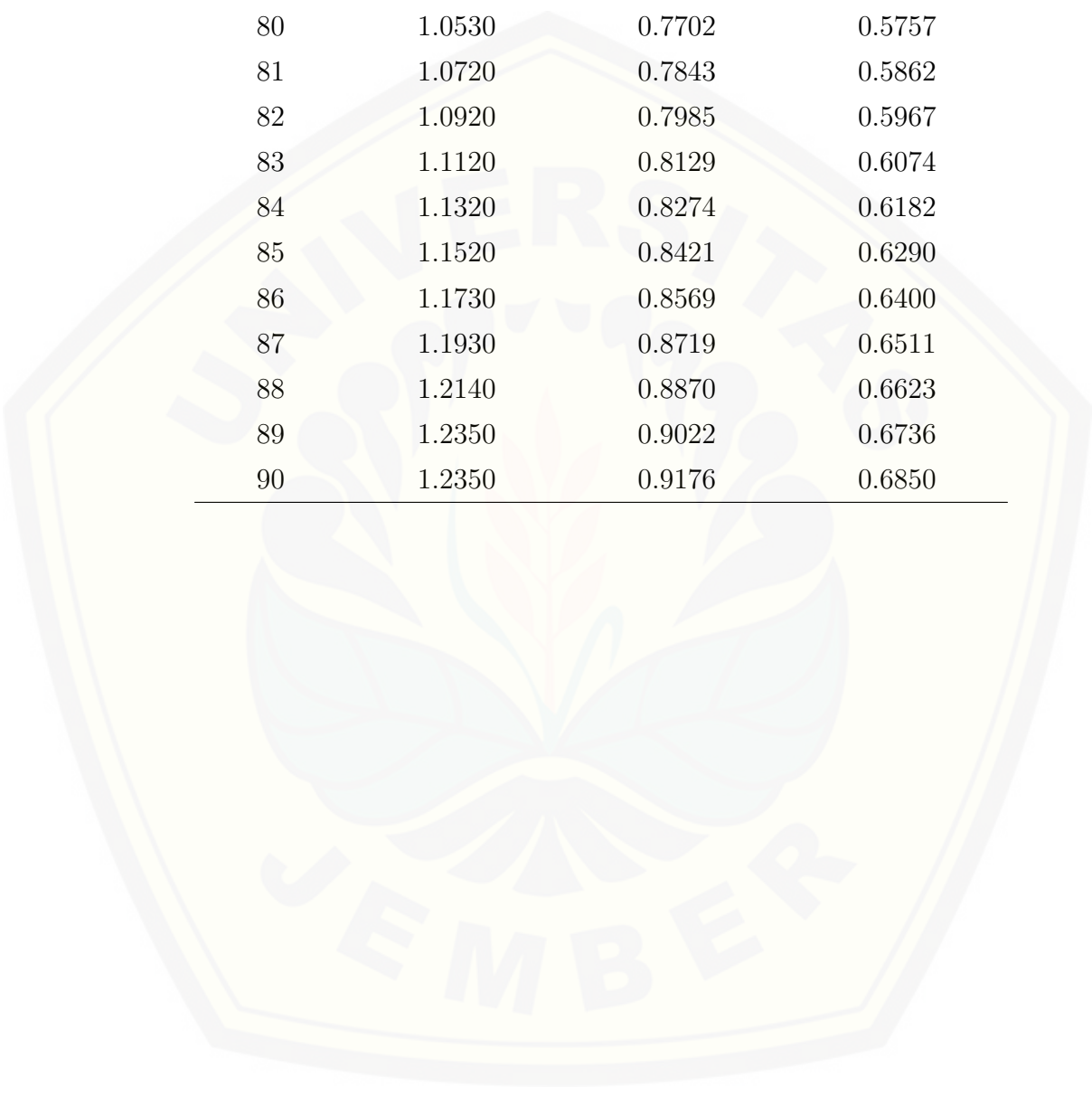
Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
76	0.4467	0.6410	0.9440
77	0.4554	0.6525	0.9616
78	0.4622	0.6642	0.9795
79	0.4780	0.6759	0.9975
80	0.4860	0.6877	1.0160
81	0.4941	0.6997	1.0340
82	0.3111	0.7111	1.0530
83	0.5022	0.7239	1.0710
84	0.5104	0.7362	1.0900
85	0.5186	0.7486	1.1100
86	0.5270	0.7611	1.1290
87	0.5354	0.7737	1.1480
88	0.5438	0.7864	1.1680
89	0.5524	0.7993	1.1880
90	0.5610	0.8122	1.2080

**B.3 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* dengan Ketebalan *Stent* 0.0007 m, 0.0004 m, dan 0.0001 m**

Iterasi ke-	0.0007 m (m/s)	0.0004 m (m/s)	0.0001 m (m/s)
1	0	0	0
2	0.0050	0.0037	0.0028
3	0.0151	0.0112	0.0084
4	0.0252	0.0186	0.0141
5	0.0353	0.0261	0.0197
6	0.0454	0.0336	0.0254
7	0.0556	0.0411	0.0310
8	0.0658	0.0487	0.0367
9	0.0759	0.0562	0.0424
10	0.0862	0.0637	0.0481
11	0.0964	0.0713	0.0538
12	0.1067	0.0789	0.0596
13	0.1170	0.0866	0.0653
14	0.1274	0.0942	0.0711
15	0.1378	0.1019	0.0769
16	0.1482	0.1097	0.0827
17	0.1587	0.1174	0.0886
18	0.1693	0.1252	0.0944
19	0.1799	0.1330	0.1004
20	0.1906	0.1409	0.1063
21	0.2013	0.1488	0.1123
22	0.2121	0.1568	0.1183
23	0.2230	0.1648	0.1243
24	0.2340	0.1729	0.1304
25	0.2450	0.1811	0.1365

Iterasi ke-	0.0007 m	0.0004 m	0.0001 m
26	0.2561	0.1892	0.1427
27	0.2673	0.1975	0.1489
28	0.2786	0.2058	0.1551
29	0.2900	0.2142	0.1614
30	0.3015	0.2262	0.1678
31	0.3130	0.2311	0.1742
32	0.3247	0.2397	0.1806
33	0.3365	0.2484	0.1871
34	0.3484	0.2571	0.1936
35	0.3603	0.2659	0.2002
36	0.3724	0.2748	0.2069
37	0.3847	0.2837	0.2204
38	0.3970	0.2928	0.3896
39	0.4095	0.3019	0.2272
40	0.4220	0.3111	0.2341
41	0.4348	0.3204	0.2411
42	0.4476	0.3298	0.2481
43	0.4606	0.3393	0.2552
44	0.4737	0.3489	0.2624
45	0.4869	0.3586	0.2696
46	0.5003	0.3684	0.2770
47	0.5138	0.3783	0.2843
48	0.5275	0.3883	0.2918
49	0.5413	0.3983	0.2993
50	0.5553	0.4085	0.3069

Iterasi ke-	0.0007 m	0.0004 m	0.0001 m
51	0.5694	0.4188	0.3146
52	0.5836	0.4292	0.3224
53	0.5981	0.4398	0.3302
54	0.6126	0.4504	0.3382
55	0.6274	0.4611	0.3462
56	0.6423	0.4720	0.3542
57	0.6574	0.4830	0.3624
58	0.6726	0.4941	0.3707
59	0.6880	0.5053	0.3790
60	0.7036	0.5166	0.3875
61	0.7193	0.5280	0.3960
62	0.7352	0.5396	0.4046
63	0.7513	0.5513	0.4133
64	0.7676	0.5631	0.4211
65	0.7840	0.5751	0.4310
66	0.8006	0.5872	0.4399
67	0.8174	0.5994	0.4490
68	0.8344	0.6117	0.4582
69	0.8516	0.6242	0.4674
70	0.8690	0.6368	0.4768
71	0.8865	0.6495	0.4862
72	0.9042	0.6624	0.4958
73	0.9222	0.6754	0.5054
74	0.9403	0.6885	0.5152
75	0.9586	0.7018	0.5250



Iterasi ke-	0.0007 m	0.0004 m	0.0001 m
76	0.9711	0.7152	0.5350
77	0.9958	0.7287	0.5450
78	1.0150	0.7424	0.5551
79	1.0340	0.7562	0.5654
80	1.0530	0.7702	0.5757
81	1.0720	0.7843	0.5862
82	1.0920	0.7985	0.5967
83	1.1120	0.8129	0.6074
84	1.1320	0.8274	0.6182
85	1.1520	0.8421	0.6290
86	1.1730	0.8569	0.6400
87	1.1930	0.8719	0.6511
88	1.2140	0.8870	0.6623
89	1.2350	0.9022	0.6736
90	1.2350	0.9176	0.6850



## LAMPIRAN C.HASIL SIMULASI MATLAB DENGAN METODE GAUSS-SEIDEL

### C.1 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* dengan Diameter *Proximal Stent* 0.0105 m, 0.0095 m, dan 0.0085 m

Iterasi ke-	0.0105 m (m/s)	0.0095 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
1	0	0	0
2	0.0023	0.0028	0.0036
3	0.0069	0.0086	0.0108
4	0.0116	0.0143	0.0180
5	0.0163	0.0201	0.0252
6	0.0209	0.0258	0.0324
7	0.0256	0.0316	0.0397
8	0.0303	0.0373	0.0469
9	0.0350	0.0431	0.0542
10	0.0397	0.0489	0.0614
11	0.0445	0.0547	0.0687
12	0.0492	0.0605	0.0760
13	0.0540	0.0663	0.0832
14	0.0588	0.0722	0.0905
15	0.0636	0.0781	0.0979
16	0.0684	0.0839	0.1052
17	0.0733	0.0898	0.1126
18	0.0781	0.0958	0.1200
19	0.0831	0.1018	0.1273
20	0.0880	0.1078	0.1347
21	0.0930	0.1138	0.1422
22	0.0980	0.1198	0.1496
23	0.1031	0.1259	0.1571
24	0.1082	0.1319	0.1646
25	0.1133	0.1381	0.1721

Iterasi ke-	0.015 $m$ (m/s)	0.020 $m$ (m/s)	0.025 $m$ (m/s)
26	0.1185	0.1442	0.1797
27	0.1237	0.1504	0.1873
28	0.1289	0.1567	0.1949
29	0.1342	0.1629	0.2025
30	0.1396	0.1693	0.2102
31	0.1450	0.1756	0.2179
32	0.1504	0.1820	0.2257
33	0.1559	0.1884	0.2335
34	0.1614	0.1949	0.2413
35	0.1670	0.2014	0.2491
36	0.1727	0.2080	0.2570
37	0.1784	0.2146	0.2650
38	0.1842	0.2213	0.2729
39	0.1900	0.2280	0.2810
40	0.1959	0.2348	0.2890
41	0.2019	0.2416	0.2971
42	0.2079	0.2485	0.3053
43	0.2140	0.2555	0.3135
44	0.2201	0.2625	0.3217
45	0.2263	0.2695	0.3300
46	0.2326	0.2766	0.3383
47	0.2390	0.2838	0.3467
48	0.2454	0.2910	0.3552
49	0.2519	0.2983	0.3637
50	0.2585	0.3057	0.3722

Iterasi ke-	0.0105 <i>m</i> (m/s)	0.0095 <i>m</i> (m/s)	0.0085 <i>m</i> (m/s)
51	0.2652	0.3131	0.3808
52	0.2719	0.3206	0.3895
53	0.2787	0.3282	0.3982
54	0.2856	0.3358	0.4069
55	0.2925	0.3435	0.4158
56	0.2996	0.3513	0.4247
57	0.3067	0.3591	0.4336
58	0.3139	0.3670	0.4426
59	0.3212	0.3750	0.4517
60	0.3285	0.3831	0.4608
61	0.3360	0.3912	0.4700
62	0.3435	0.3994	0.4793
63	0.3511	0.4077	0.4886
64	0.3589	0.4161	0.4980
65	0.3667	0.4245	0.5074
66	0.3745	0.4330	0.5170
67	0.3825	0.4416	0.5266
68	0.3906	0.4503	0.5362
69	0.3987	0.4590	0.5459
70	0.4070	0.4679	0.5557
71	0.4153	0.4768	0.5656
72	0.4237	0.4858	0.5756
73	0.4322	0.4949	0.5856
74	0.4409	0.5041	0.5957
75	0.4496	0.5133	0.6059

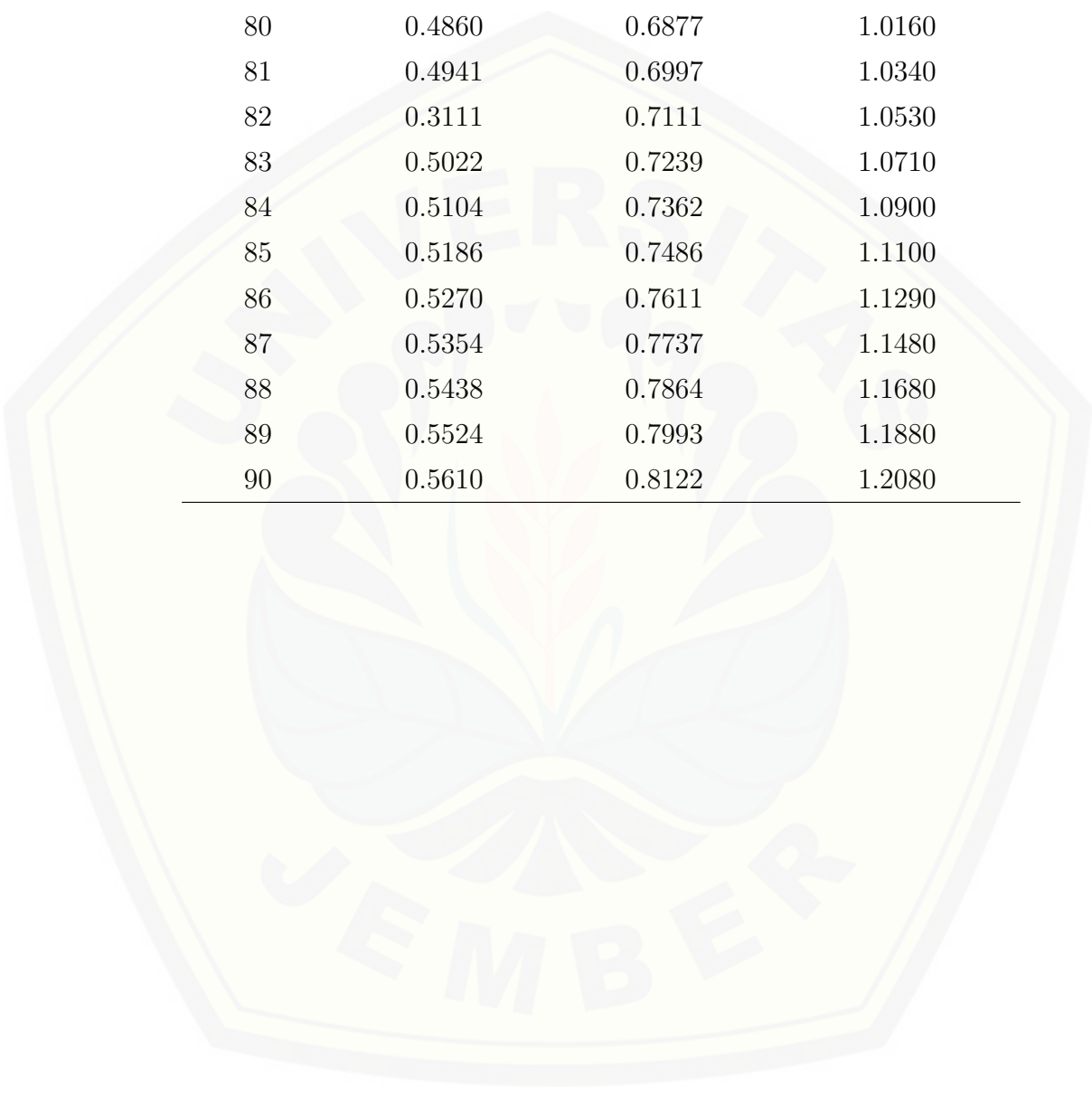
Iterasi ke-	0.0105 <i>m</i> (m/s)	0.0095 <i>m</i> (m/s)	0.0085 <i>m</i> (m/s)
76	0.4584	0.5227	0.6161
77	0.4672	0.5321	0.6264
78	0.4762	0.5417	0.6368
79	0.4853	0.5513	0.6473
80	0.4945	0.5610	0.6578
81	0.5038	0.5708	0.6685
82	0.5131	0.5806	0.6792
83	0.5226	0.5906	0.6900
84	0.5321	0.6007	0.7009
85	0.5418	0.6108	0.7118
86	0.5516	0.6211	0.7228
87	0.5614	0.6314	0.7340
88	0.5714	0.6418	0.7452
89	0.5814	0.6523	0.7564
90	0.5914	0.6630	0.7678

**C.2 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* dengan Diameter *Distal Stent* 0.0095 m, 0.0090 m, dan 0.0085 m**

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
1	0	0	0
2	0.0025	0.0035	0.0049
3	0.0076	0.0106	0.0149
4	0.0127	0.0176	0.0249
5	0.0178	0.0247	0.0349
6	0.0229	0.0318	0.0449
7	0.0280	0.0389	0.0550
8	0.0331	0.0460	0.0650
9	0.0382	0.0531	0.0751
10	0.0433	0.0602	0.0852
11	0.0485	0.0673	0.0953
12	0.0536	0.0745	0.1055
13	0.0588	0.0817	0.1157
14	0.0639	0.0889	0.1259
15	0.0691	0.0961	0.1361
16	0.0743	0.1034	0.1464
17	0.0795	0.1106	0.1568
18	0.0847	0.1179	0.1672
19	0.0900	0.1253	0.1776
20	0.0952	0.1326	0.1881
21	0.1006	0.1400	0.1986
22	0.1059	0.1474	0.2093
23	0.0111	0.1549	0.2199
24	0.1165	0.1624	0.2307
25	0.1219	0.1699	0.2415

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m/s (m/s)
26	0.1273	0.1775	0.2524
27	0.1327	0.1815	0.2633
28	0.1381	0.1928	0.2744
29	0.1436	0.2005	0.2855
30	0.1491	0.2082	0.2967
31	0.1546	0.2160	0.3080
32	0.1601	0.2239	0.3194
33	0.1657	0.2318	0.3308
34	0.1713	0.2397	0.3424
35	0.1770	0.2478	0.3541
36	0.1827	0.2558	0.3658
37	0.1884	0.2640	0.3777
38	0.1941	0.2721	0.3896
39	0.1999	0.2804	0.4017
40	0.2057	0.2887	0.4139
41	0.2116	0.2971	0.4262
42	0.2175	0.3055	0.4386
43	0.2234	0.3140	0.4511
44	0.2294	0.3226	0.4638
45	0.2354	0.3313	0.4766
46	0.2415	0.3400	0.4895
47	0.2476	0.3488	0.5025
48	0.2537	0.3577	0.5156
49	0.2599	0.3666	0.5289
50	0.2661	0.3756	0.5423

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
51	0.2724	0.3847	0.5559
52	0.2787	0.3939	0.5696
53	0.2851	0.4032	0.5834
54	0.2916	0.4125	0.5974
55	0.2980	0.4219	0.6115
56	0.3046	0.4314	0.6257
57	0.3111	0.4410	0.6401
58	0.3178	0.4507	0.6547
59	0.3312	0.4605	0.6694
60	0.3380	0.4703	0.6842
61	0.3448	0.4803	0.6993
62	0.3517	0.4903	0.7144
63	0.3586	0.5005	0.7298
64	0.3586	0.5107	0.7452
65	0.3657	0.5210	0.7609
66	0.3727	0.5314	0.7767
67	0.3798	0.5419	0.7927
68	0.3870	0.5525	0.8088
69	0.3943	0.5632	0.8251
70	0.4016	0.5740	0.8416
71	0.4089	0.5849	0.8582
72	0.4164	0.5960	0.8750
73	0.4238	0.6071	0.8920
74	0.4314	0.6183	0.9091
75	0.4390	0.6296	0.9265



Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m (m/s)
76	0.4467	0.6410	0.9440
77	0.4554	0.6525	0.9616
78	0.4622	0.6642	0.9795
79	0.4780	0.6759	0.9975
80	0.4860	0.6877	1.0160
81	0.4941	0.6997	1.0340
82	0.3111	0.7111	1.0530
83	0.5022	0.7239	1.0710
84	0.5104	0.7362	1.0900
85	0.5186	0.7486	1.1100
86	0.5270	0.7611	1.1290
87	0.5354	0.7737	1.1480
88	0.5438	0.7864	1.1680
89	0.5524	0.7993	1.1880
90	0.5610	0.8122	1.2080



**C.3 Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Darah pada Arteri *Karotis* Akibat Pemasangan *Stent* dengan Ketebalan *Stent* 0.0007 m, 0.0004 m, dan 0.0001 m**

Iterasi ke-	0.0007 m (m/s)	0.0004 m (m/s)	0.0001 m (m/s)
1	0	0	0
2	0.0050	0.0037	0.0028
3	0.0151	0.0112	0.0084
4	0.0252	0.0186	0.0141
5	0.0353	0.0261	0.0197
6	0.0454	0.0336	0.0254
7	0.0556	0.0411	0.0310
8	0.0658	0.0487	0.0367
9	0.0759	0.0562	0.0424
10	0.0862	0.0637	0.0481
11	0.0964	0.0713	0.0538
12	0.1067	0.0789	0.0596
13	0.1170	0.0866	0.0653
14	0.1274	0.0942	0.0711
15	0.1378	0.1019	0.0769
16	0.1482	0.1097	0.0827
17	0.1587	0.1174	0.0886
18	0.1693	0.1252	0.0944
19	0.1799	0.1330	0.1004
20	0.1906	0.1409	0.1063
21	0.2013	0.1488	0.1123
22	0.2121	0.1568	0.1183
23	0.2230	0.1648	0.1243
24	0.2340	0.1729	0.1304
25	0.2450	0.1811	0.1365

Iterasi ke-	0.0095 m (m/s)	0.0090 m (m/s)	0.0085 m/s (m/s)
26	0.2561	0.1892	0.1427
27	0.2673	0.1975	0.1489
28	0.2786	0.2058	0.1551
29	0.2900	0.2142	0.1614
30	0.3015	0.2226	0.1678
31	0.3130	0.2311	0.1742
32	0.3247	0.2397	0.1806
33	0.3365	0.2484	0.1871
34	0.3484	0.2571	0.1936
35	0.3603	0.2659	0.2002
36	0.3724	0.2748	0.2069
37	0.3847	0.2837	0.2136
38	0.3970	0.2928	0.2204
39	0.4095	0.3019	0.2272
40	0.4220	0.3111	0.2341
41	0.4348	0.3204	0.2411
42	0.4476	0.3298	0.2481
43	0.4606	0.3393	0.2552
44	0.4737	0.3489	0.2624
45	0.4869	0.3586	0.2696
46	0.5003	0.3684	0.2770
47	0.5138	0.3783	0.2843
48	0.5275	0.3883	0.2918
49	0.5413	0.3983	0.2993
50	0.5553	0.4085	0.3069

Iterasi ke-	0.0007 m	0.0004 m	0.0001 m
51	0.5694	0.4188	0.3146
52	0.5836	0.4292	0.3224
53	0.5981	0.4398	0.3302
54	0.6126	0.4504	0.3382
55	0.6274	0.4611	0.3462
56	0.6423	0.4720	0.3542
57	0.6574	0.4830	0.3624
58	0.6726	0.4941	0.3707
59	0.6880	0.5053	0.3790
60	0.7036	0.5166	0.3875
61	0.7193	0.5280	0.3960
62	0.7352	0.5396	0.4046
63	0.7513	0.5513	0.4133
64	0.7676	0.5631	0.4211
65	0.7840	0.5751	0.4310
66	0.8006	0.5872	0.4399
67	0.8174	0.5994	0.4490
68	0.8344	0.6117	0.4582
69	0.8516	0.6242	0.4674
70	0.8690	0.6368	0.4768
71	0.8865	0.6495	0.4862
72	0.9042	0.6624	0.4958
73	0.9222	0.6754	0.5054
74	0.9403	0.6885	0.5152
75	0.9586	0.7018	0.5250

Iterasi ke-	0.0007 m	0.0004 m	0.0001 m
76	0.9711	0.7152	0.5350
77	0.9958	0.7287	0.5450
78	1.0150	0.7424	0.5551
79	1.0340	0.7562	0.5654
80	1.0530	0.7702	0.5757
81	1.0720	0.7843	0.5862
82	1.0920	0.7985	0.5967
83	1.1120	0.8129	0.6074
84	1.1320	0.8274	0.6182
85	1.1520	0.8421	0.6290
86	1.1730	0.8569	0.6400
87	1.1930	0.8719	0.6511
88	1.2140	0.8870	0.6623
89	1.2350	0.9022	0.6736
90	1.2350	0.9176	0.6850

## LAMPIRAN D. Pedoman Peer Validation

**PEDOMAN *PEER VALIDATION***  
**TUGAS AKHIR SARJANA PENDIDIKAN MATEMATIKA**

NAMA MAHASISWA : JIMMY PURNOMO HASAN  
 NIM : 140210101055  
 JUDUL SKRIPSI : ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA  
 ARTERI *KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
 UNTUK MENGASAH KEMAMPUAN TCK

Petunjuk!

- a) Berilah tanda (✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda.
- b) Keterangan:
  - 1: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT TIDAK JELAS;
  - 2: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun TIDAK JELAS;
  - 3: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun CUKUP JELAS;
  - 4: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun JELAS;
  - 5: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT JELAS.

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti memiliki pengetahuan cukup tentang kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					
	Peneliti mampu menentukan variabel keadaan yang akan diteliti					

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowl- edge</i> )	Peneliti mampu mengembangkan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> .					
	Peneliti mampu menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					
	Peneliti mampu menganalisis hasil komputasi MATLAB dan visualisasi simulasi FLUENT					
TK ( <i>Technological Know- ledge</i> )	Peneliti mampu menuliskan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga pada MATLAB.					
	Peneliti mampu membuat bentuk geometri pada benda yang akan diteliti pada GAMBIT.					
	Peneliti mampu menentukan tipe batas tertentu ( <i>wall, inlet, outlet</i> ) pada bentuk geometri benda.					
	Peneliti mampu menentukan kondisi batas pada setiap variabel keadaan sebagai input data pada fluent.					

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu membuat simulasi kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> dengan menggunakan FLUENT.					

IDENTITAS *PEER VALIDATOR*

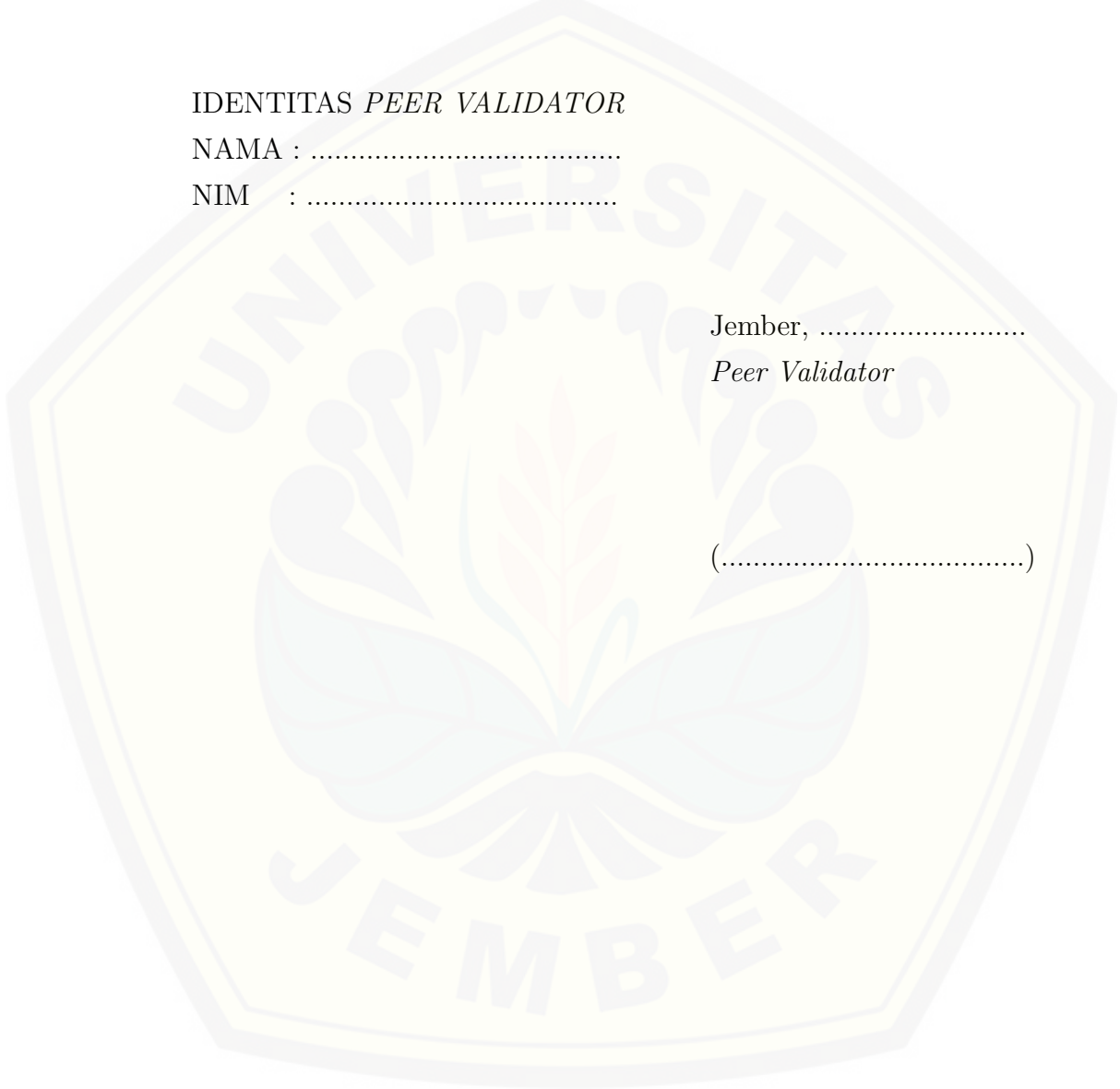
NAMA : .....

NIM : .....

Jember, .....

*Peer Validator*

(.....)



**LAMPIRAN E. Lembar Analisis Hasil Validasi**

Hasil analisis validasi oleh validator dijelaskan pada tabel berikut.

Aspek <i>TCK</i>	Indikator	Penilaian Validator ke-					$I_i$	$A_i$	Capaian Teoritis	Capaian Validasi	Capaian Kumulatif Teoritis	Capaian Kumulatif Validasi	$V_a$
		1	2	3	4	5							
CK	1a	4	5	5	4	4	4.4	4.52	50%	50.9%	50%	51%	4.4
	1b	4	4	5	5	5	4.6						
	1c	5	4	5	4	5	4.6						
	1d	5	5	5	4	5	4.8						
	1e	4	4	4	5	4	4.2						
TK	2a	3	5	5	3	4	4	4.36	50%	47.1	100%	98%	
	2b	4	5	4	5	5	4.6						
	2c	5	4	5	5	5	4.8						
	2d	5	4	4	4	4	4.2						
	2e	5	4	4	4	4	4.2						

Berdasarkan hasil analisis tingkat kevalidan instrumen mengenai kemampuan *TCK* (*Technological and Content Knowledge*) adalah valid.



LAMPIRAN F. Lembar Penilaian Validasi  
Penilaian Validator 1

PEDOMAN *PEER VALIDATION*  
TUGAS AKHIR SARJANA PENDIDIKAN MATEMATIKA

NAMA MAHASISWA : JIMMY PURNOMO HASAN  
NIM : 140210101055  
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA  
ARTERI *KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
UNTUK MENGASAH KEMAMPUAN TCK

Petunjuk!

- a) Berilah tanda (✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda.
- b) Keterangan:
  - 1: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT TIDAK JELAS;
  - 2: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun TIDAK JELAS;
  - 3: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun CUKUP JELAS;
  - 4: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun JELAS;
  - 5: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT JELAS.

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti memiliki pengetahuan cukup tentang kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.				✓	
	Peneliti mampu menentukan variabel keadaan yang akan diteliti				✓	

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti mampu mengembangkan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> .					✓
	Peneliti mampu menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					✓
	Peneliti mampu menganalisis hasil komputasi MATLAB dan visualisasi simulasi FLUENT				✓	
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu menuliskan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga pada MATLAB.			✓		
	Peneliti mampu membuat bentuk geometri pada benda yang akan diteliti pada GAMBIT.				✓	
	Peneliti mampu menentukan tipe batas tertentu ( <i>wall, inlet, outlet</i> ) pada bentuk geometri benda.					✓
	Peneliti mampu menentukan kondisi batas pada setiap variabel keadaan sebagai input data pada fluent.					✓

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu membuat simulasi kecepatan aliran darah pada arteri karotis akibat pemasangan stent dengan menggunakan FLUENT.					✓

## IDENTITAS PEER VALIDATOR

NAMA : A. Rizqi Lazuardi

NIM : .....

Jember, 11 Mei 2018

Peer Validator

(A. Rizqi Lazuardi)

## Penilaian Validator 2

**PEDOMAN PEER VALIDATION**  
**TUGAS AKHIR SARJANA PENDIDIKAN MATEMATIKA**

NAMA MAHASISWA : JIMMY PURNOMO HASAN  
 NIM : 140210101055  
 JUDUL SKRIPSI : ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA  
 ARTERI *KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
 UNTUK MENGASAH KEMAMPUAN TCK

Petunjuk!

a) Berilah tanda (✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda.

b) Keterangan:

- 1: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT TIDAK JELAS;
- 2: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun TIDAK JELAS;
- 3: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun CUKUP JELAS;
- 4: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun JELAS;
- 5: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT JELAS.

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti memiliki pengetahuan cukup tentang kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					✓
	Peneliti mampu menentukan variabel keadaan yang akan diteliti.				✓	

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti mampu mengembangkan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> .				✓	
	Peneliti mampu menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					✓
	Peneliti mampu menganalisis hasil komputasi MATLAB dan visualisasi simulasi FLUENT				✓	
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu menuliskan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga pada MATLAB.					✓
	Peneliti mampu membuat bentuk geometri pada benda yang akan diteliti pada GAMBIT.					✓
	Peneliti mampu menentukan tipe batas tertentu ( <i>wall, inlet, outlet</i> ) pada bentuk geometri benda.				✓	
	Peneliti mampu menentukan kondisi batas pada setiap variabel keadaan sebagai input data pada fluent.				✓	

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu membuat simulasi kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> dengan menggunakan FLUENT.				✓	


## IDENTITAS PEER VALIDATOR

NAMA : PUTRI NUR AMALINA

NIM : .....

Jember, 15 Mei 2018

Peer Validator

  
(PUTRI NUR A.)

## Penilaian Validator 3

**PEDOMAN *PEER VALIDATION***  
**TUGAS AKHIR SARJANA PENDIDIKAN MATEMATIKA**

NAMA MAHASISWA : JIMMY PURNOMO HASAN  
 NIM : 140210101055  
 JUDUL SKRIPSI : ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA  
 ARTERI *KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
 UNTUK MENGASAH KEMAMPUAN TCK

Petunjuk!

- a) Berilah tanda (✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda.
- b) Keterangan:
  - 1: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT TIDAK JELAS;
  - 2: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun TIDAK JELAS;
  - 3: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun CUKUP JELAS;
  - 4: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun JELAS;
  - 5: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT JELAS.

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti memiliki pengetahuan cukup tentang kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					✓
	Peneliti mampu menentukan variabel keadaan yang akan diteliti					✓

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti mampu mengembangkan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> .					✓
	Peneliti mampu menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					✓
	Peneliti mampu menganalisis hasil komputasi MATLAB dan visualisasi simulasi FLUENT				✓	
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu menuliskan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga pada MATLAB.					✓
	Peneliti mampu membuat bentuk geometri pada benda yang akan diteliti pada GAMBIT.				✓	
	Peneliti mampu menentukan tipe batas tertentu ( <i>wall, inlet, outlet</i> ) pada bentuk geometri benda.					✓
	Peneliti mampu menentukan kondisi batas pada setiap variabel keadaan sebagai input data pada fluent.				✓	



Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu membuat simulasi kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> dengan menggunakan FLUENT.				✓	

## IDENTITAS PEER VALIDATOR

NAMA : Budi Adi Saputra, s.pd.

NIM : 13021010108

Jember, 11 Mei 2018

Peer Validator

  
(...Budi Adi S. s.pd.)

## Penilaian Validator 4

**PEDOMAN *PEER VALIDATION***  
**TUGAS AKHIR SARJANA PENDIDIKAN MATEMATIKA**

NAMA MAHASISWA : JIMMY PURNOMO IIASAN  
 NIM : 140210101055  
 JUDUL SKRIPSI : ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA  
 ARTERI *KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
 UNTUK MENGASAH KEMAMPUAN TCK

Petunjuk!

- a) Berilah tanda (✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda.
- b) Keterangan:
  - 1: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT TIDAK JELAS;
  - 2: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun TIDAK JELAS;
  - 3: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun CUKUP JELAS;
  - 4: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun JELAS;
  - 5: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT JELAS.

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti memiliki pengetahuan cukup tentang kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.				✓	
	Peneliti mampu menentukan variabel keadaan yang akan diteliti					✓

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti mampu mengembangkan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> .				✓	
	Peneliti mampu menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.				✓	
	Peneliti mampu menganalisis hasil komputasi MATLAB dan visualisasi simulasi FLUENT					✓
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu menuliskan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga pada MATLAB.			✓		
	Peneliti mampu membuat bentuk geometri pada benda yang akan diteliti pada GAMBIT.					✓
	Peneliti mampu menentukan tipe batas tertentu ( <i>wall, inlet, outlet</i> ) pada bentuk geometri benda.					✓
	Peneliti mampu menentukan kondisi batas pada setiap variabel keadaan sebagai input data pada fluent.				✓	

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu membuat simulasi kecepatan aliran darah pada arteri karotis akibat pemasangan stent dengan menggunakan FLUENT.				✓	

## IDENTITAS PEER VALIDATOR

NAMA : SITI ALSYAH

NIM : .....

Jember, 19 Mei 2018

Peer Validator

  
(SITI ALSYAH)

## Penilaian Validator 5

**PEDOMAN PEER VALIDATION**  
**TUGAS AKHIR SARJANA PENDIDIKAN MATEMATIKA**

NAMA MAHASISWA : JIMMY PURNOMO HASAN  
 NIM : 140210101055  
 JUDUL SKRIPSI : ANALISIS NUMERIK ALIRAN DARAH PADA  
 ARTERI *KAROTIS* AKIBAT PEMASANGAN *STENT*  
 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
 UNTUK MENGASAH KEMAMPUAN TCK

Petunjuk!

- a) Berilah tanda (✓) dalam kolom penilaian yang sesuai menurut pendapat Anda.
- b) Keterangan:
- 1: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT TIDAK JELAS;
  - 2: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun TIDAK JELAS;
  - 3: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun CUKUP JELAS;
  - 4: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun JELAS;
  - 5: mampu menunjukkan indikator yang diinginkan namun SANGAT JELAS.

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti memiliki pengetahuan cukup tentang kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.				✓	
	Peneliti mampu menentukan variabel keadaan yang akan diteliti					✓

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
CK ( <i>Content Knowledge</i> )	Peneliti mampu mengembangkan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> .					✓
	Peneliti mampu menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga.					✓
	Peneliti mampu menganalisis hasil komputasi MATLAB dan visualisasi simulasi FLUENT				✓	
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu menuliskan bahasa pemrograman untuk menyelesaikan model matematika kecepatan aliran darah pada arteri <i>karotis</i> akibat pemasangan <i>stent</i> menggunakan metode elemen hingga pada MATLAB.				✓	
	Peneliti mampu membuat bentuk geometri pada benda yang akan diteliti pada GAMBIT.					✓
	Peneliti mampu menentukan tipe batas tertentu ( <i>wall, inlet, outlet</i> ) pada bentuk geometri benda.					✓
	Peneliti mampu menentukan kondisi batas pada setiap variabel keadaan sebagai input data pada fluent.				✓	

Aspek Kemampuan TCK	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
TK ( <i>Technological Knowledge</i> )	Peneliti mampu membuat simulasi kecepatan aliran darah pada arteri karotis akibat pemasangan stent dengan menggunakan FLUENT.				✓	

## IDENTITAS PEER VALIDATOR

NAMA : Riska Amalia Hakim

NIM : .....

Jember, 14 Mei 2018

Peer Validator



( Riska Amalia Hakim )

## LAMPIRAN G. Lembar Revisi Skripsi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**  
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121  
 Telepon: 0331-334988, 330738 Faks: 0331-334988  
 Laman: www.fkip.unsi.ac.id

**LEMBAR REVISI SKRIPSI**

**NAMA MAHASISWA** : Jimmy Purnomo Hasan  
**NIM** : 140210101055  
**JUDUL SKRIPSI** : Analisis Numerik Aliran Darah pada Arteri Karotis Akibat Pemasangan Stent Menggunakan Metode Elemen Hingga untuk Mengasah Kemampuan TCK  
**TANGGAL UJIAN** : 6 Juni 2018  
**PEMBIMBING** : Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
 Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si

**MATERI PEMBETULAN / PERBAIKAN**

No.	HALAMAN	HAL-HAL YANG HARUS DIPERBAIKI
1.	viii	Ringkasan diringkas menjadi 2 halaman
2.	3	Gunakan titik pada penomoran
3.	27	Tambahkan fungsi pemasangan stent
4.	61	Sumbu X pada grafik kecepatan aliran darah diganti menjadi waktu
5.	77	Kesimpulan lebih disesuaikan dengan hasil penelitian
6.	83	Perbaiki format programing MATLAB

**PERSETUJUAN TIM PENGUJI**

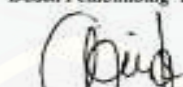
JABATAN	NAMA TIM PENGUJI	TTD dan Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.	
Sekretaris	Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si	
Anggota	Susi Setiawati, S.Si., M.Sc.	
	Drs. Toto Bata Setiawan, M.Si.	

Dosen Pembimbing I,

  
 Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
 NIP. 19680802 199302 1 004

Jember, 28 Mei 2018


Mengetahui / menyetujui :  
Dosen Pembimbing II,

  
 Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.  
 NIP. 19820529 200912 1 003

Mahasiswa Yang Bersangkutan

  
 Jimmy Purnomo Hasan  
 NIM. 140210101055

Mengetahui,  
Ketua Jurusan P.MIPA

  
 Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes.  
 NIP. 19600309 198702 2 002