

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Matematika sebagai ilmu yang mendasari terjadinya perkembangan teknologi, bersifat universal serta berperan dalam berbagai disiplin ilmu (Mashuri, 2019). Ketika membicarakan matematika, satu hal yang tidak akan terlepas adalah pemodelan matematika yaitu suatu proses membuat sebuah model matematika. Model matematika sendiri merupakan bentuk penyederhanaan dari keadaan yang rumit dengan menggunakan istilah dan simbol matematika (Pohjolainen & Heilio, 2016). Adanya pemodelan matematika memberi kemudahan dalam memahami permasalahan yang dikaji dengan lebih aman dan ekonomis (Pohjolainen & Heiliö, 2016). Ini dikarenakan dalam melakukan sebuah penelitian dibutuhkan biaya yang tidak sedikit, serta adanya kemungkinan risiko-risiko yang terjadi saat mengerjakan penelitian. Adapun, berdasarkan sifat matematika yang universal juga membuat pemodelan dapat diterapkan dalam segala bidang seperti sains, ekonomi, teknologi, serta kesehatan atau medis (Heiliö, 2016).

Dalam bidang kesehatan terdapat berbagai hal yang dibahas, antara lain adalah kesehatan manusia dan faktor-faktor yang menunjang kesehatan tersebut. Adapun, salah satu tanda manusia yang sehat adalah adanya keseimbangan pada fungsi-fungsi sistem organ di dalam tubuh. Beberapa sistem organ tersebut adalah sistem pernapasan, sistem pencernaan, sistem reproduksi, dan sistem peredaran darah (Sherwood, 2010). Sistem peredaran darah atau juga dikenal dengan sistem sirkulasi darah adalah suatu sistem transportasi darah dengan fungsi mengantarkan darah yang mengandung zat gizi dan oksigen ke seluruh tubuh (Sherwood, 2010). Pada sistem tersebut, beberapa organ yang berperan penting adalah jantung, darah, dan pembuluh darah (Sherwood, 2010).

Pembuluh darah sebagai jalur aliran darah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian arteri dengan tugas membawa darah dari jantung ke seluruh tubuh, vena membawa kembali darah tersebut menuju jantung setelah dialirkan ke seluruh tubuh, dan pembuluh darah kapiler yang menghubungkan arteri dan vena (Hall, 2011). Pembuluh darah memiliki ukuran diameter yang beragam, memiliki percabangan, serta mudah merenggang (Aaronson, dkk., 2020). Dengan sifat

mudah merenggang memungkinkan pembuluh darah mengalami perubahan ukuran diameter, yaitu dapat menyempit ataupun melebar. Secara fisiologi, adanya perubahan diameter bermanfaat untuk mengatur pasokan darah yang masuk pada keadaan pembuluh darah tertentu (Hall, 2011). Ketika pembuluh darah mengalami penyempitan maka tekanan darah akan menurun dan mengakibatkan kecepatan juga meningkat. Namun, ketika pembuluh darah mengalami pelebaran maka tekanan darah akan meningkat dan kecepatan juga menurun (Barrett, dkk., 2012).

Selain dari sisi fisiologi, pelebaran dan penyempitan pada pembuluh darah juga dapat terjadi karena adanya kelainan atau penyakit tertentu. Keadaan penyempitan dan pelebaran pembuluh darah yang diakibatkan oleh suatu penyakit tentunya dapat mempengaruhi sistem sirkulasi darah. Seperti aterosklerosis yaitu penyakit pada arteri yang mengakibatkan sumbatan pada pembuluh darah, serta dapat menghalangi aliran darah yang lewat pada bagian pembuluh darah tersebut (Sherwood, 2011). Plak-plak yang terbentuk pada dinding pembuluh darah ini menyebabkan keadaan pembuluh darah mengalami penyempitan. Jika penumpukan plak terus berlanjut maka aliran darah dapat tersumbat sehingga mengakibatkan stroke atau serangan jantung (Barrett, dkk., 2012). Selain itu, ada kelainan *varicose vein* (varises), yaitu keadaan di mana pembuluh darah vena mengalami pelebaran dan menjadi berkelok-kelok (Hoskins, dkk., 2017). Varises akan menyebabkan regangnya katup-katup pada vena yang berakhir dengan kerusakan fungsi-fungsi katup vena tersebut (Hall, 2011). Kondisi tersebut memungkinkan terbentuknya bekuan darah pada daerah varises. Permasalahan ini dapat sangat berisiko, karena bekuan dapat lepas dan menyumbat daerah kecil di lokasi pembuluh darah lain (terutama pada kapiler paru-paru) (Sherwood, 2010). Kecepatan aliran darah pada kedua keadaan pembuluh darah (penyempitan dan pelebaran) tersebut dapat direpresentasikan dalam bentuk model matematika.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai pemodelan permasalahan kecepatan aliran darah dalam berbagai kondisi antara lain adalah Ramadhan (2020) yang mengonstruksi model matematika untuk kecepatan aliran darah dengan perubahan tekanan secara periodik. Model yang diperoleh ini kemudian dicari solusinya secara analitik menggunakan metode pemisahan variabel. Kemudian Calvez, dkk. (2009) membuat model matematika yang merepresentasikan keadaan awal pembentukan

plak pada kondisi aterosklerosis. Pertama-tama, Calvez, dkk. (2009) membuat model pertumbuhan plak satu dimensi dan melakukan simulasi numerik untuk kondisi geometri pembuluh darah tersebut. Kemudian model tersebut dihubungkan dengan model aliran darah yang didasari oleh persamaan Navier-Stokes. Selanjutnya metode numerik elemen hingga digunakan untuk pencarian solusi dari model tersebut. Di samping itu Sankar dan Ismail (2009) meneliti tentang pemodelan kecepatan aliran darah pada arteri berstenosis dengan membandingkan kedua jenis model yaitu, model Casson dan model Herschel Bulkley. Selanjutnya dicari solusi dari kedua model menggunakan metode perturbasi. Adapun Ang dan Mazumdar (1996), membuat model kecepatan aliran darah 3-dimensi dalam pembuluh darah berstenosis. Pembuatan model didasari dengan persamaan Navier-Stokes pada aliran darah tak tunak, yang kemudian model tersebut diselesaikan dengan metode volume hingga.

Berdasarkan uraian sebelumnya, penulis tertarik untuk memodelkan secara matematis terkait permasalahan kecepatan aliran darah dalam pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter. Pembuatan model didasari dari persamaan Navier-Stokes, yaitu persamaan diferensial parsial non-linier yang sering digunakan dalam permasalahan fluida. Selanjutnya pencarian solusi akan dilakukan menggunakan metode perturbasi. Kemudian dianalisis bagaimana pengaruh dari perubahan diameter pembuluh darah terhadap kecepatan aliran darah dengan mensimulasikan model ketika aliran darah berada pada dinding dan *center* pembuluh darah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah yang diperoleh adalah:

1. Bagaimana model matematika untuk kecepatan aliran darah dalam pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter?
2. Bagaimana solusi dari model matematika untuk kecepatan aliran darah dalam pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter?
3. Bagaimana pengaruh dari perubahan diameter pembuluh darah terhadap kecepatan aliran darah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengonstruksi model matematika untuk kecepatan aliran darah

dalam pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter.

2. Mengetahui solusi model matematika untuk kecepatan aliran darah dalam pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter.
3. Mengetahui pengaruh dari perubahan diameter pembuluh darah terhadap kecepatan aliran darah.

1.4 Batasan Penelitian

Beberapa batasan yang diterapkan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Darah merupakan fluida Newtonian dan fluida *incompressible*;
2. Pembuluh darah sebagai tabung yang sangat pendek dan tidak bercabang;
3. Pembuluh darah bersifat simetris terhadap sumbu z ;
4. Aliran darah bersifat *steady*;
5. Tidak ada hambatan di dalam pembuluh darah;
6. Bahan-bahan penyusun darah bersifat homogen.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai penggunaan persamaan Navier-Stokes dalam pemodelan kecepatan aliran darah khususnya pada pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter. Selain itu mengetahui bagaimana menerapkan metode perturbasi dalam menyelesaikan persamaan diferensial parsial non-linier.
- b. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sumber informasi dalam dunia kesehatan untuk mengetahui besar kecepatan aliran darah pada pembuluh darah yang mengalami perubahan diameter serta mengetahui bagaimana pengaruh dari perubahan diameter terhadap kecepatan aliran darah.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Di dalam skripsi ini terdapat lima bab. Dengan BAB I PENDAHULUAN menjabarkan latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah yang diambil, batasan masalah yang diterapkan, tujuan dan manfaat dari penelitian, serta struktur organisasi skripsi. Kemudian BAB II LANDASAN TEORI menjelaskan tentang teori-teori yang mendasari penelitian ini. Di mana landasan teori ini terdiri

atas: sistem sirkulasi darah, fluida, orde, turunan, persamaan diferensial parsial, koordinat polar, koordinat polar silinder, vektor kecepatan pada koordinat polar silinder, medan vektor kecepatan, persamaan kontinuitas, persamaan Navier-Stokes, dan metode perturbasi. Selanjutnya BAB III METODOLOGI PENELITIAN menjelaskan tentang tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian ini. Tahapan tersebut di antara lain, mengidentifikasi masalah, mengonstruksi model dasar, mencari solusi dari model dasar, memvalidasi solusi, dan menginterpretasikan solusi dengan bantuan grafik. Adapun BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN menguraikan langkah-langkah pengerjaan dari metodologi penelitian serta terdapat hasil penelitian yang diperoleh penulis. Kemudian BAB V PENUTUP memperlihatkan kesimpulan dan saran dari penelitian ini.