

ANALISIS KINERJA JENIS-JENIS POMPA JANTUNG TERHADAP PENDERITA GANGGUAN JANTUNG



MUH. FADEL ASHARI

D021 19 1034



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

**ANALISIS KINERJA JENIS-JENIS POMPA JANTUNG TERHADAP
PENDERITA GANGGUAN JANTUNG**

MUH. FADEL ASHARI

D021 19 1034



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

**ANALISIS KINERJA JENIS-JENIS POMPA JANTUNG TERHADAP PENDERITA
GANGGUAN JANTUNG**

MUH. FADEL ASHARI

D021 19 1034

Skripsi,

Telah dipertahankan depan panitia ujian sarjana s1 pada 12 november 2024 dan dinyatakan telah memenuhi persyaratan kelulusan pada

Program Studi Sarjana Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Gowa

Mengesahkan :

Pembimbing tugas akhir,



Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT
NIP. 19560827 198503 1 001

Mengetahui :

Ketua Program Studi,



Dr. Muhammad Syahid, ST., MT
NIP.19770707 200501 1

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis kinerja jenis-jenis pompa jantung terhadap penderita gangguan jantung" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 12 november 2024



METERAI
TEMPERAN
10000
E-111BAMX086143607

MUH. FADEL ASHARI

D021 19 1034

ABSTRAK

MUH. FADEL ASHARI. Analisis Kinerja Jenis-jenis Pompa Jantung Terhadap Penderita Gangguan jantung (dibimbing oleh Luther Sule)

Jantung adalah organ vital yang bertanggung jawab atas memompa darah ke seluruh tubuh. Alat pompa jantung, atau yang sering disebut sebagai ventrikel kiri, bertugas memompa darah ke seluruh tubuh melalui arteri utama yang disebut aorta. Fungsi utama alat pompa jantung adalah untuk menciptakan tekanan yang cukup tinggi sehingga darah dapat mengalir ke seluruh tubuh. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisa perbedaan karakteristik aliran darah yang di hasilkan oleh pompa dengan beberapa perbedaan nilai viskositas pada darah tersebut. Pada penelitian ini kita menggunakan 2 jenis alat pompa jantung yaitu LVAD (*Left Ventricular Assist Device*) dan RVAD (*Right Ventricular Assist Device*). Alat pompa jantung tersebut akan kita uji dengan beberapa nilai viskositas darah, yaitu 0.003, 0.004, 0.005, 0.007, dan 0.008 dengan satuan kg/m-s. Untuk penelitian tersebut ada beberapa aplikasi yang digunakan, yaitu aplikasi Autodesk Fusion yang digunakan untuk membuat desain pompa, aplikasi Ansys Gambit yang digunakan untuk menentukan arah aliran serta menentukan inlet dan outlet pada pompa untuk aliran darah, aplikasi Ansys Fluent digunakan untuk melakukan simulasi proses aliran darah tersebut dan juga di aplikasi inilah nilai-nilai karakteristik aliran darah yang dicari ditampilkan. Dan hasil penelitian menunjukkan bahwa viskositas darah sangat memengaruhi kinerja kedua pompa ini, dengan LVAD cenderung menunjukkan peningkatan tekanan yang lebih tajam dibandingkan RVAD pada viskositas yang lebih tinggi. Dan kecepatan aliran pada kedua pompa dipengaruhi secara signifikan oleh viskositas darah, dengan LVAD cenderung lebih efektif dalam mempertahankan kecepatan aliran pada viskositas yang lebih tinggi. RVAD, di sisi lain, menunjukkan keunggulan pada viskositas yang lebih rendah.

Kata Kunci : LVAD, RVAD, Viskositas

ABSTRACT

MUH. FADEL ASHARI. **Analysis of the Performance of Different Types of Heart Pumps on Patients with Heart Disorders** (supervised by Luther Sule)

The heart is a vital organ responsible for pumping blood throughout the body. The heart pump, often referred to as the left ventricle, is responsible for pumping blood throughout the body through the main artery called the aorta. The primary function of the heart pump is to create sufficient pressure so that blood can flow throughout the body. The purpose of this research is to analyze the differences in blood flow characteristics produced by the pump with varying viscosity values of the blood. In this study, we used 2 types of heart pump devices, namely LVAD (Left Ventricular Assist Device) and RVAD. (Right Ventricular Assist Device). The heart pump device will be tested with several blood viscosity values, namely 0.003, 0.004, 0.005, 0.007, and 0.008 in kg/m-s units. For the research, several applications were used, namely Autodesk Fusion for designing the pump, Ansys Gambit for determining the flow direction and setting the inlet and outlet on the pump for blood flow, and Ansys Fluent for simulating the blood flow process. It is also in this application that the sought-after blood flow characteristic values are displayed. And the research results show that blood viscosity significantly affects the performance of both pumps, with LVAD tending to show a sharper increase in pressure compared to RVAD at higher viscosities. The flow rate in both pumps is significantly influenced by blood viscosity, with LVAD being more effective in maintaining flow rate at higher viscosities. RVAD, on the other hand, shows an advantage at lower viscosities.

Keywords: *LVAD, RVAD, Viscosity*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Alat Pompa Jantung	3
2.2 Bahan-bahan yang di gunakan untuk Pompa jantung.....	3
2.3 Jenis-Jenis Pompa jantung.....	4
2.4 Darah sebagai Fluida.....	6
2.5 Sifat-Sifat Darah Manusia.....	7
2.6 Viskositas Darah.....	9
2.7 Pengaruh Glukosa Terhadap Darah.....	10
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Mencari Data jurnal/ yang bereputasi untuk bahan penelitian	12
3.2 Konstuksi Mesin Pompa Jantung	12
3.3 Analisis Perbandingan Alat Pompa Jantung.....	12
3.4 Hasil dari Analisis	12
3.5 Flowchart Penelitian	13

3.6 Rencana dan Jadwal Penelitian	14
---	----

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Aliran Darah	15
--------------------------------------	----

4.1.1 Karakteristik Aliran Darah pada LVAD (<i>Left Ventricular Assist Device</i>)	16
--	----

4.1.2 Karakteristik Aliran Darah pada RVAD (<i>Right Ventricular Assist Device</i>)	32
---	----

4.2 Perbandingan Hasil Data	42
-----------------------------------	----

4.2.1 Grafik Perbandingan Tekanan LVAD Vs RVAD	42
--	----

4.2.2 Grafik Perbandingan Kecepatan Aliran LVAD Vs RVAD	43
---	----

4.3 Efek samping & risiko penggunaan pompa jantung LVAD dan RVAD	43
--	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	45
----------------------	----

5.2 Saran	45
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	46
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	47
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 LVAD	4
Gambar 2. 2 RVAD	6
Gambar 2. 3 Aliran Darah.....	7
Gambar 2. 4 Komponen Darah.....	8
Gambar 2. 5 Sel-Sel darah	8
Gambar 2. 6 Hubungan hematokrit dan viskositas darah	10
Gambar 2. 7 Hyperglycemia	11
Gambar 4. 1 Fusion 360.....	15
Gambar 4. 2 Ansys gambit	15
Gambar 4. 3 Ansys fluent	16
Gambar 4. 4 Desain LVAD	16
Gambar 4. 5 Dimensi LVAD.....	17
Gambar 4. 6 Meshing pada pompa LVAD.....	17
Gambar 4. 7 Hasil Meshing Pompa LVAD	18
Gambar 4. 8 Penentuan Inlet dan Outlet Pompa LVAD.....	18
Gambar 4. 9 Scale Grid	19
Gambar 4. 10 Viscous model.....	20
Gambar 4. 11 Fluida.....	21
Gambar 4. 12 Velocity inlet.....	22
Gambar 4. 13 Solution Initialization.....	22
Gambar 4. 14 Residual Monitors	23
Gambar 4. 15 Number Of iterations	23
Gambar 4. 16 Proses Iterasi	24
Gambar 4. 17 Pathlines.....	24
Gambar 4. 18 Grid display	25
Gambar 4. 19 Nilai Densitas dan viskositas LVAD	25
Gambar 4. 20 Hasil dari tekanan LVAD viskositas 0,004.....	26
Gambar 4. 21 Hasil dari Kecepatan LVAD viskositas 0,004	26
Gambar 4. 22 Hasil dari Tekanan LVAD viskositas 0,007.....	27
Gambar 4. 23 Hasil dari kecepatan LVAD viskositas 0,007	27
Gambar 4. 24 Hasil dari Tekanan LVAD viskositas 0,003.....	28
Gambar 4. 25 Hasil dari kecepatan LVAD viskositas 0,003	28
Gambar 4. 26 Hasil dari Tekanan LVAD viskositas 0,005.....	29
Gambar 4. 27 Hasil dari kecepatan LVAD viskositas 0,005	29
Gambar 4. 28 Hasil dari Tekanan LVAD viskositas 0,008.....	30
Gambar 4. 29 Hasil dari kecepatan LVAD viskositas 0,008	30
Gambar 4. 30 Desain RVAD.....	32
Gambar 4. 31 Dimensi RVAD	32
Gambar 4. 32 Meshing pada pompa RVAD	33
Gambar 4. 33 Hasil meshing pada pompa RVAD.....	34
Gambar 4. 34 Penentuan Inlet dan Outlet Pompa RVAD	34
Gambar 4. 35 Nilai Densitas dan viskositas RVAD.....	35
Gambar 4. 36 Hasil dari tekanan RVAD viskositas 0,004	36
Gambar 4. 37 Hasil dari tekanan RVAD viskositas 0,004	36
Gambar 4. 38 Hasil dari tekanan RVAD viskositas 0,007	37
Gambar 4. 39 Hasil dari kecepatan RVAD viskositas 0,007	37

Gambar 4. 40 Hasil dari tekanan RVAD viskositas 0,003	38
Gambar 4. 41 Hasil dari kecepatan RVAD viskositas 0,003	38
Gambar 4. 42 Hasil dari tekanan RVAD viskositas 0,005	39
Gambar 4. 43 Hasil dari kecepatan RVAD viskositas 0,005	39
Gambar 4. 44 Hasil dari tekanan RVAD viskositas 0,008	40
Gambar 4. 45 Hasil dari kecepatan RVAD viskositas 0,008	40
Gambar 4. 46 Grafik Perbandingan Tekanan LVAD Vs RVAD	42
Gambar 4. 47 Grafik Perbandingan Kecepatan Aliran LVAD Vs RVAD	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel hasil pengamatan pengujian aliran darah pada pompa LVAD	47
Lampiran 2. Tabel hasil pengamatan pengujian aliran darah pada pompa RVAD.....	47
Lampiran 3. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa LVAD pada viskositas 0,003	47
Lampiran 4. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa LVAD pada viskositas 0,004	48
Lampiran 5. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa LVAD pada viskositas 0,005	48
Lampiran 6. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa LVAD pada viskositas 0,007	49
Lampiran 7. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa LVAD pada viskositas 0,008	49
Lampiran 8. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa RVAD pada viskositas 0,003	50
Lampiran 9. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa RVAD pada viskositas 0,004	50
Lampiran 10. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa RVAD pada viskositas 0,005	51
Lampiran 11. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa RVAD pada viskositas 0,007	51
Lampiran 12. Hasil tekanan dan kecepatan Pompa RVAD pada viskositas 0,008	52
Lampiran 13. Dokumentasi.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa jantung juga termasuk kedalam bidang ilmu mesin fluida, karena pompa jantung memiliki hubungan erat yang berkaitan dengan pergerakan fluida. Hubungan antara fluida dan alat pompa jantung merupakan aspek penting dalam pemahaman tentang bagaimana alat pompa jantung bekerja dan bagaimana mereka mempengaruhi sirkulasi darah dalam tubuh manusia.

Darah adalah contoh utama dari fluida dalam tubuh manusia. Darah mengandung komponen-komponen penting seperti sel darah merah, sel darah putih, platelet, dan plasma. Aliran darah dalam tubuh manusia dipengaruhi oleh tekanan, resistensi, dan volume darah.

Jantung adalah organ vital yang bertanggung jawab atas memompa darah ke seluruh tubuh. Alat pompa jantung, atau yang sering disebut sebagai ventrikel kiri, bertugas memompa darah ke seluruh tubuh melalui arteri utama yang disebut aorta. Fungsi utama alat pompa jantung adalah untuk menciptakan tekanan yang cukup tinggi sehingga darah dapat mengalir ke seluruh tubuh.

Alat pompa jantung modern menggunakan prinsip-prinsip fluida untuk mengoptimalkan desainnya, meminimalkan kebisingan, gesekan, dan kebocoran, serta meningkatkan efisiensi dan performa. Penelitian tentang fluida dan alat pompa jantung terus berkembang untuk meningkatkan keamanan, efisiensi, dan kinerja alat pompa jantung. Teknologi baru seperti pompa magnetik atau pompa bionik mengambil inspirasi dari prinsip-prinsip fluida untuk menghasilkan alat pompa jantung yang lebih canggih.

Penyakit jantung tetap menjadi salah satu penyebab kematian utama di seluruh dunia. Gagal jantung, baik itu gagal jantung kongestif, gagal jantung ventrikel kanan, atau kondisi jantung lainnya, dapat menyebabkan penurunan fungsi pompa jantung yang signifikan. Dalam upaya untuk mengatasi kelemahan atau kegagalan jantung tersebut, teknologi medis telah berkembang pesat, menghasilkan berbagai jenis alat bantu yang dirancang untuk membantu sirkulasi darah atau menggantikan fungsi jantung yang rusak atau lemah.

Ada beberapa jenis alat untuk memompa jantung seperti : *Left Ventricular Assist Device (LVAD)* dan *Right Ventricular Assist Device (RVAD)*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas ada beberapa permasalahan yang dapat ditemukan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efisiensi dari LVAD dan RVAD dalam memompa darah?
2. Bagaimana karakteristik aliran fluida berbeda antara LVAD dan RVAD?
3. Apa saja efek samping dan risiko yang terkait dengan penggunaan pompa jantung berbasis fluida?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada diatas, dapat disimpulkan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efisiensi dari LVAD dan RVAD dalam memompa darah
2. Mengetahui karakteristik aliran fluida yang berbeda antara LVAD dan RVAD
3. Mengetahui efek samping dan risiko yang terkait dengan penggunaan pompa jantung.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, tidak dilakukan secara langsung karena data yang akan digunakan adalah data-data dari jurnal penelitian yang telah ada dan akan di bandingkan.
2. Dalam penelitian ini jenis fluida yang dibandingkan adalah sel darah merah.
3. Penelitian ini merupakan analisis data dari jurnal yang berskala international.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melalui perbandingan tersebut, kita dapat memahami lebih baik tentang bagaimana masing-masing jenis pompa jantung bekerja, termasuk mekanisme pompa dan karakteristik aliran fluida.
2. Dengan memahami keunggulan dan batasan masing-masing jenis pompa, kita dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dengan memilih pompa yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka.
3. Dengan membandingkan berbagai jenis pompa, kita dapat mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing jenis pompa, seperti efisiensi dan kebutuhan perawatan jangka panjang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat pompa jantung

Alat pompa jantung, juga dikenal sebagai *ventrikel assist device* (VAD) adalah sebuah alat mekanis yang digunakan untuk mendukung fungsi jantung pada pasien yang mengalami gagal jantung. VAD membantu ventrikel jantung (kiri, kanan, atau keduanya) untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Alat ini bisa digunakan sebagai solusi jangka pendek, sambil menunggu transplantasi jantung, atau sebagai terapi jangka panjang pada pasien yang tidak dapat menjalani transplantasi (Chauhan, 2013).

Alat pompa jantung bekerja dengan mengambil darah dari bagian jantung yang lemah atau gagal, kemudian memompanya ke arteri utama tubuh (Finn Gustaffson, 2017). Ada beberapa jenis alat pompa jantung, ini adalah teknologi yang sangat penting dalam dunia kedokteran modern karena dapat memberikan bantuan hidup bagi pasien dengan masalah jantung yang serius. Pompa jantung modern sering kali dilengkapi dengan teknologi canggih seperti sensor untuk memantau fungsi jantung dan mengatur aliran darah secara otomatis. Mereka juga biasanya terhubung ke sumber daya listrik atau baterai yang dapat diisi ulang untuk menjaga kinerja yang stabil (Karem M. Vural, 2008).

Pompa jantung modern sering kali dilengkapi dengan teknologi canggih seperti sensor untuk memantau fungsi jantung dan mengatur aliran darah secara otomatis. Mereka juga biasanya terhubung ke sumber daya listrik atau baterai yang dapat diisi ulang untuk menjaga kinerja yang stabil (Daniel Burkhoff, 2008).

Alat pompa jantung umumnya memiliki ukuran yang relatif kecil dan berat yang ringan agar bisa dipakai dengan nyaman oleh pasien. Kapasitas Pompa mengacu pada kemampuan alat pompa jantung untuk memompa darah. Kapasitas pompa yang lebih tinggi biasanya menghasilkan aliran darah yang lebih kuat. Alat pompa jantung biasanya mampu memompa sekitar 2-10 liter darah per menit tergantung pada modelnya. Alat pompa jantung dilengkapi dengan sensor dan perangkat keamanan yang dapat mendeteksi dan mencegah masalah seperti pembekuan darah, kebocoran, atau tekanan darah yang tidak stabil. Material yang digunakan biasanya terbuat dari logam atau polimer biokompatibel yang aman untuk digunakan dalam tubuh manusia dan tidak menimbulkan reaksi alergi atau penolakan (M. Akdis and H.Reul, 2004).

2.2 Bahan yang digunakan untuk pompa jantung

Pompa jantung buatan atau yang biasa dikenal sebagai *ventricular assist devices* dan total artificial hearts biasanya dibuat dari berbagai bahan, sebagai berikut :

1. Bahan Sintetis, Seperti polimer biokompatibel yang tahan terhadap korosi dan keausan, serta minim menyebabkan reaksi penolakan dalam tubuh. Contoh polimer yang sering digunakan adalah *polyurethane*.
2. Bahan Logam, *Titanium* dan *stainless steel* adalah contoh logam yang sering digunakan karena ketahanannya terhadap korosi dan reaktivitas kimia yang rendah dalam tubuh manusia.
3. Permukaan Pelapis, Untuk mengurangi risiko pembekuan darah pada alat, permukaan pompa sering dilapisi dengan bahan yang mengurangi trombosis, seperti heparin atau bahan hidrofilik lainnya. (Akdis & Reul. 2005)

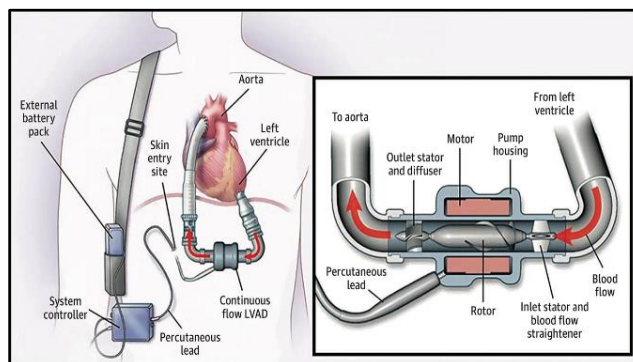
2.3 Jenis-jenis pompa jantung

Berikut adalah beberapa jenis-jenis pompa jantung yang akan kita bahas dalam analisis penelitian ini :

1. LVAD (*Left Ventricular Assist Device*)

LVAD (*Left Ventricular Assist Device*) adalah jenis pompa jantung yang dirancang khusus untuk membantu ventrikel kiri dalam memompa darah. LVAD adalah salah satu bentuk perangkat *ventrikel assist* yang paling umum digunakan. Fungsi LVAD adalah bekerja dengan mengambil darah dari ventrikel kiri jantung dan memompanya ke aorta, arteri utama yang membawa darah ke seluruh tubuh. Ini membantu memperbaiki fungsi jantung yang lemah atau gagal. (Stefan Klotz.2008)

LVAD biasanya ditanamkan secara internal selama operasi. Pompa tersebut ditempatkan di luar jantung dan terhubung ke ventrikel kiri serta aorta melalui tabung (Joseph J. Roger, 2017). Beberapa jenis LVAD memiliki bagian internal dan eksternal yang terpisah, di mana bagian internal ditanamkan di dalam tubuh dan bagian eksternal dapat dilepas. LVAD dilengkapi dengan sensor dan monitor yang memantau kinerja jantung dan aliran darah. Ini memungkinkan pasien dan tim medis untuk mengontrol dan menyesuaikan pengaturan pompa sesuai kebutuhan (M. Akdis and H.Reul, 2004). LVAD sering digunakan pada pasien dengan gagal jantung parah yang tidak merespons dengan baik terhadap pengobatan konvensional, atau sebagai jembatan sementara bagi pasien yang menunggu transplantasi jantung.



Gambar 2. 1 LVAD

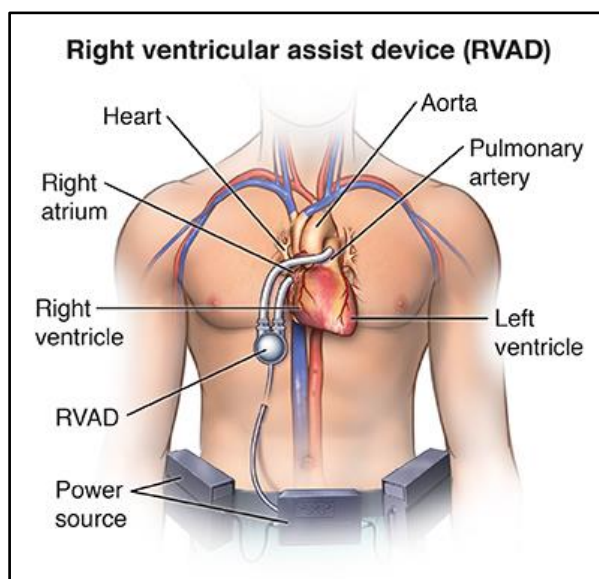
Penggunaan LVAD telah terbukti meningkatkan harapan hidup dan kualitas hidup pada banyak pasien dengan gagal jantung yang parah. Mereka juga dapat membantu mempersiapkan pasien untuk transplantasi jantung atau memberikan perawatan jangka panjang bagi mereka yang tidak memenuhi syarat untuk transplantasi. Meskipun LVAD memiliki manfaat yang signifikan, penggunaannya juga melibatkan risiko, termasuk infeksi, pembekuan darah, dan kegagalan perangkat. Pasien yang menggunakan LVAD memerlukan pemantauan rutin dan perawatan yang cermat oleh tim medis yang terlatih. (David Simon, 2005)

2. RVAD (*Right Ventricular Assist Device*)

RVAD (*Right Ventricular Assist Device*) adalah jenis pompa jantung yang dirancang khusus untuk membantu ventrikel kanan (bagian jantung yang bertanggung jawab memompa darah ke paru-paru) dalam memompa darah. Fungsi RVAD adalah bekerja dengan mengambil darah dari ventrikel kanan jantung dan memompanya ke *arteri pulmonalis*, arteri utama yang membawa darah ke paru-paru. Ini membantu memperbaiki fungsi jantung yang lemah atau gagal (Bastian Schmack, 2016).

RVAD biasanya ditanamkan secara internal selama operasi. Pompa tersebut ditempatkan di luar jantung dan terhubung ke ventrikel kanan serta arteri pulmonalis melalui tabung (Mina Farag, 2018). Seperti halnya LVAD, RVAD juga bisa memiliki bagian internal dan eksternal yang terpisah. RVAD dilengkapi dengan sensor dan monitor yang memantau kinerja jantung dan aliran darah. Ini memungkinkan pasien dan tim medis untuk mengontrol dan menyesuaikan pengaturan pompa sesuai kebutuhan (Stephan Schular, 2018).

RVAD sering digunakan pada pasien dengan gagal jantung yang parah, terutama ketika ventrikel kanan mengalami kesulitan dalam memompa darah ke paru-paru. RVAD dapat membantu meningkatkan aliran darah paru-paru dan memperbaiki gejala seperti sesak napas dan penumpukan cairan di paru-paru. Penggunaan RVAD dapat membantu meningkatkan kualitas hidup dan harapan hidup pada pasien dengan gagal jantung yang melibatkan ventrikel kanan. Ini juga bisa menjadi jembatan sementara bagi pasien yang menunggu transplantasi jantung. Seperti halnya dengan LVAD, penggunaan RVAD juga melibatkan risiko, termasuk infeksi, pembekuan darah, dan kegagalan perangkat (Christopher A. Thunberg, 2010). Pasien yang menggunakan RVAD memerlukan pemantauan rutin dan perawatan yang cermat oleh tim medis yang terlatih.



Gambar 2. 2 RVAD

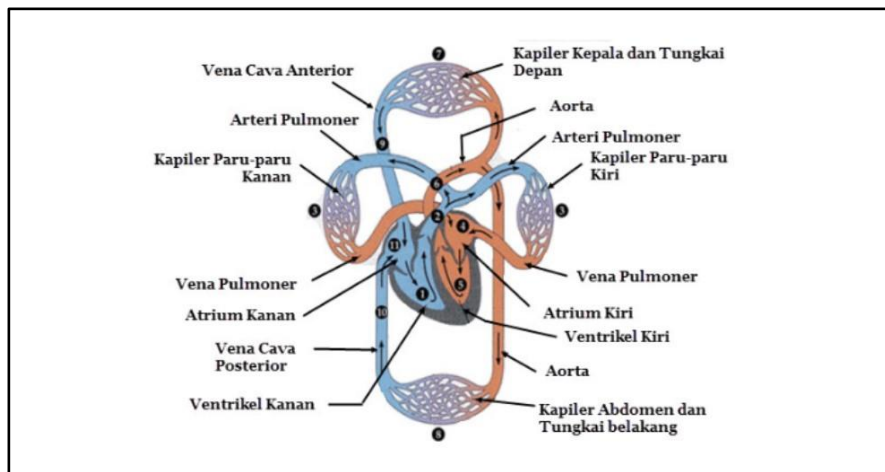
2.4 Darah sebagai fluida

Darah adalah cairan dalam tubuh manusia yang beredar melalui jantung, pembuluh arteri, kapiler dan vena. Proses peredaran darah dipengaruhi juga oleh kecepatan darah, luas penampang pembuluh darah, tekanan darah dan kerja otot yang terdapat pada jantung dan pembuluh darah.. Di samping itu, darah juga berperan dalam menjaga suhu tubuh, serta mempertahankan keseimbangan pH dan tekanan osmotik dalam tubuh (Riri Jonuarti, 2013).

Darah bergerak melalui tubuh melalui sistem pembuluh darah, yang terdiri dari arteri, vena, dan kapiler. Arteri membawa darah kaya oksigen dari jantung ke seluruh tubuh, vena membawa darah yang kaya karbon dioksida kembali ke jantung, sedangkan kapiler adalah pembuluh darah kecil di mana pertukaran zat terjadi antara darah dan jaringan tubuh (Riri Jonuarti, 2013). Secara keseluruhan, darah adalah fluida yang sangat penting untuk menjaga kehidupan, mengangkut zat-zat penting ke seluruh tubuh dan membantu dalam menjaga keseimbangan dan fungsi tubuh yang optimal.

Hubungan antara alat pompa jantung eksternal dan darah adalah bahwa alat tersebut mengambil darah dari jantung atau atrium kiri (atau kadang-kadang dari ventrikel kiri) dan memompanya ke aorta, arteri besar yang mengalirkan darah ke seluruh tubuh. Ini membantu meningkatkan aliran darah ke organ-organ vital dan jaringan tubuh, memastikan bahwa sel-sel tubuh mendapatkan cukup oksigen dan nutrisi (David N. Ku, 1997). Proses ini dapat membantu memperbaiki kondisi seseorang yang mengalami gagal jantung atau kondisi jantung lainnya yang menyebabkan aliran darah yang tidak memadai. Alat pompa jantung eksternal bekerja sama dengan jantung alami seseorang untuk meningkatkan fungsi pompanya atau bahkan memberikan bantuan pompa

sepenuhnya jika jantung sedang lemah atau tidak berfungsi dengan baik. Dengan demikian, alat pompa jantung eksternal memainkan peran penting dalam menjaga aliran darah yang memadai di tubuh seseorang yang mengalami masalah jantung, sehingga memungkinkan tubuh untuk tetap berfungsi dengan baik sementara perawatan lanjutan diberikan atau sambil menunggu prosedur medis lebih lanjut, seperti transplantasi jantung (Pablo G. Camici, (2011).



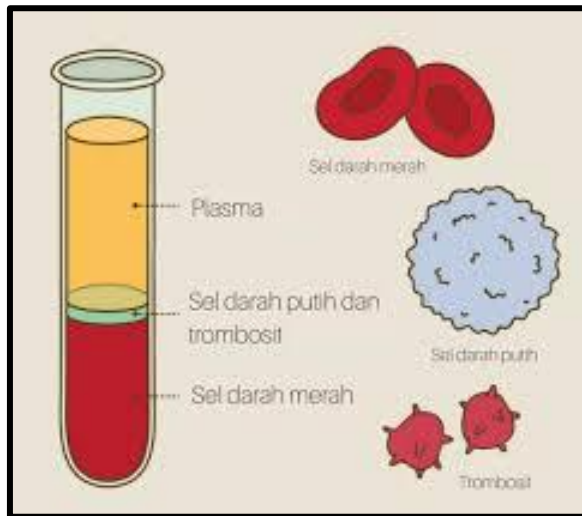
Gambar 2. 3 Aliran Darah

Rata-rata, tubuh manusia dewasa memiliki sekitar 4.5 hingga 6 liter darah. Jumlah ini bervariasi tergantung pada faktor seperti usia, jenis kelamin, tinggi, berat badan, dan kondisi kesehatan individu. Darah terdiri dari komponen-komponen utama, termasuk sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), platelet (*trombosit*), dan plasma. Plasma adalah cairan darah yang mengandung air, protein, elektrolit, nutrisi, hormon, dan limbah metabolik. Darah adalah sistem transportasi utama dalam tubuh. Ini mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh melalui *eritrosit* dan membawa karbon dioksida kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan dari tubuh. Selain itu, darah juga membawa nutrisi dari saluran pencernaan dan hati ke seluruh tubuh, serta mengangkut limbah metabolik ke organ-organ pengeluaran seperti ginjal (David N. Ku, (1987).

2.5 Sifat-Sifat Darah Manusia

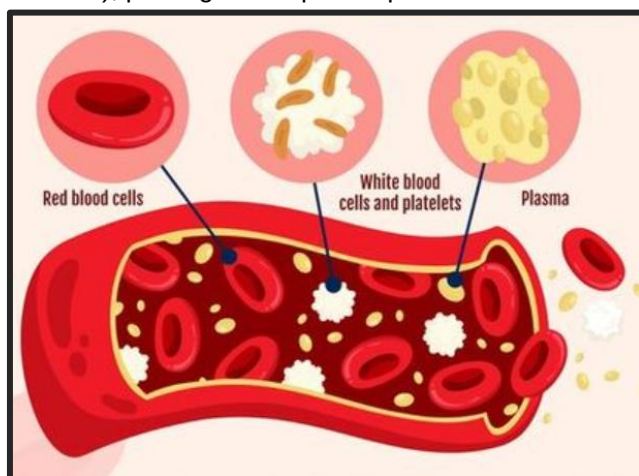
Komposisi Darah manusia terdiri dari dua komponen utama, yaitu :

- *Plasma* (55% dari total volume darah) adalah bagian cair yang sebagian besar terdiri dari air (sekitar 90%), serta mengandung protein, glukosa, ion, hormon, dan gas. *Plasma* berfungsi sebagai medium untuk transportasi sel-sel darah dan zat terlarut.



Gambar 2. 4 Komponen Darah

- Sel-sel darah (45% dari total volume darah), yang meliputi Sel darah merah (*eritrosit*), bertugas mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh dan membawa kembali karbon dioksida. Sel darah putih (*leukosit*), berfungsi dalam pertahanan tubuh melawan infeksi. Keping darah (*trombosit*), penting dalam proses pembekuan darah.



Gambar 2. 5 Sel-Sel darah

Berikut adalah sifat fisik dan sifat kimia pada darah :

1. Sifat Fisik

- Warna, Darah manusia berwarna merah karena keberadaan hemoglobin dalam sel darah merah. Hemoglobin adalah protein yang mengandung zat besi dan berfungsi mengikat oksigen. Darah yang kaya oksigen (di pembuluh arteri) tampak merah terang,

sementara darah yang kaya karbon dioksida (di pembuluh vena) berwarna merah gelap.

- pH Darah, Darah manusia memiliki pH sedikit basa, berkisar antara 7,35 hingga 7,45. Keseimbangan pH ini sangat penting untuk menjaga fungsi sel dan enzim dalam tubuh. Perubahan drastis dalam pH darah dapat menyebabkan gangguan metabolisme serius.
- Volume, Volume darah manusia bervariasi berdasarkan ukuran dan berat tubuh, tetapi rata-rata orang dewasa memiliki sekitar 5 liter darah. Volume darah ini harus tetap dijaga agar semua organ dan jaringan tubuh mendapatkan suplai oksigen dan nutrisi yang cukup.

2. Sifat Kimia

- Kandungan *Hemoglobin*, *Hemoglobin* dalam sel darah merah bertanggung jawab atas kemampuan darah untuk mengikat dan mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh. Selain itu, hemoglobin juga membantu mengatur pH darah dengan mengikat sebagian dari karbon dioksida yang diproduksi oleh sel-sel tubuh.
- *Osmolaritas*, *Osmolaritas* darah adalah ukuran konsentrasi zat terlarut dalam plasma darah. *Osmolaritas* yang tepat penting untuk menjaga keseimbangan cairan antara darah dan jaringan tubuh, sehingga mencegah dehidrasi atau kelebihan cairan.

2.6 Viskositas Darah

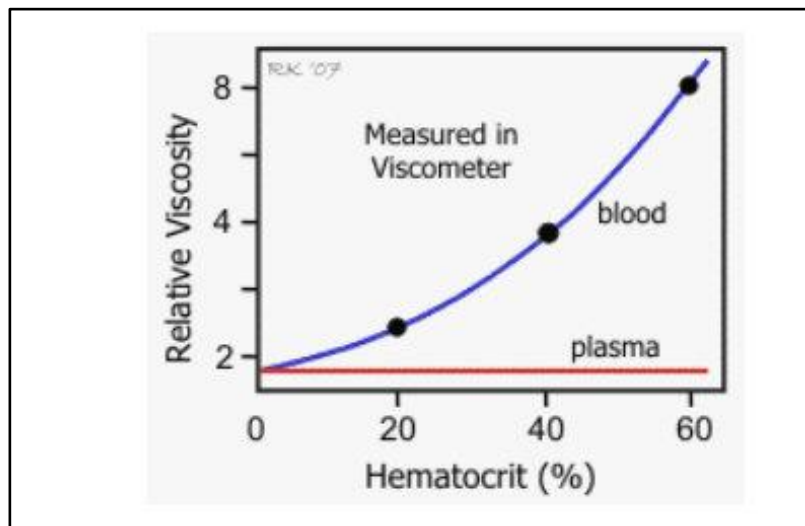
Viskositas darah adalah ukuran ketebalan atau kekentalan darah saat mengalir melalui pembuluh darah. Secara sederhana, viskositas darah dapat dianggap sebagai seberapa mudah atau sulit darah mengalir. Konsep ini penting karena viskositas darah mempengaruhi aliran darah dalam tubuh, yang pada gilirannya memengaruhi berbagai fungsi fisiologis dan kesehatan (J. Danesh, 2000).

Nilai viskositas darah bervariasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk komposisi darah dan laju aliran darah. Rata-rata, viskositas darah manusia pada suhu tubuh normal berkisar antara 3 hingga 4 milipascal-sekon (mPa.s) atau 3 hingga 4 centipoise (cP). Namun, nilai ini dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti jumlah sel darah merah, konsentrasi protein, dan kondisi kesehatan individu.

Viskositas darah dapat bervariasi antara individu dan juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis dan jumlah sel darah merah, serta konsentrasi protein dalam darah. Namun, tidak ada bukti yang menunjukkan bahwa viskositas darah secara khusus berbeda antara golongan darah yang berbeda. Sebagian besar variasi dalam viskositas darah biasanya berasal dari perbedaan dalam komposisi darah dan kondisi kesehatan individu (R.Collins,2000)

Hematokrit dan viskositas darah memiliki hubungan yang erat. Hematokrit adalah persentase volume darah yang diisi oleh sel darah merah dalam total volume darah. Semakin tinggi hematokrit, semakin banyak sel darah

merah yang ada dalam darah, yang pada gilirannya dapat meningkatkan viskositas darah. Ketika hematokrit meningkat, jumlah sel darah merah dalam volume darah meningkat, menyebabkan darah menjadi lebih kental. Ini berarti darah akan lebih sulit mengalir melalui pembuluh darah, dan viskositas darah akan meningkat. Sebaliknya, ketika hematokrit rendah, jumlah sel darah merah dalam volume darah lebih rendah, sehingga darah menjadi lebih encer dan viskositas darah cenderung menurun (R. Peto, 2000)



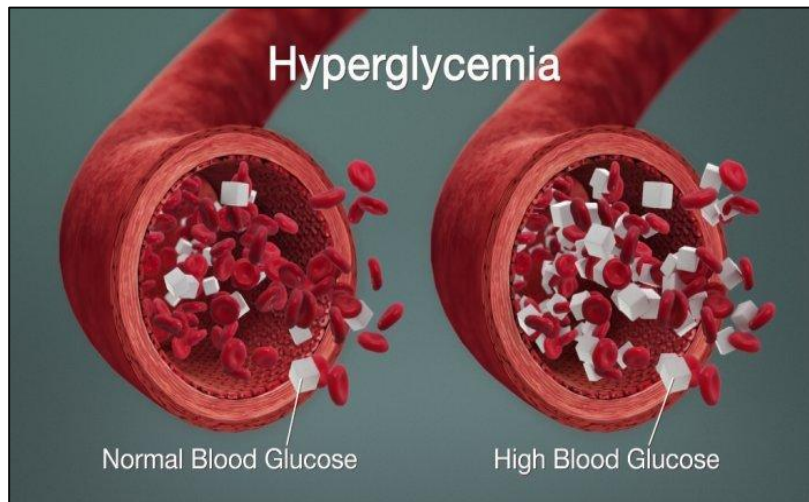
Gambar 2. 6 Hubungan hematokrit dan viskositas darah

Perubahan viskositas darah yang disebabkan oleh perubahan hematokrit ini dapat memengaruhi aliran darah dalam tubuh. Misalnya, pada kondisi dengan hematokrit tinggi, seperti *polisitemia* (peningkatan jumlah sel darah merah), risiko pembekuan darah (*trombosis*) dapat meningkat karena darah yang lebih kental cenderung membentuk gumpalan lebih mudah. Di sisi lain, pada kondisi dengan hematokrit rendah, seperti anemia (kurangnya sel darah merah), aliran darah ke jaringan dan organ tubuh mungkin terganggu karena darah yang lebih encer tidak dapat membawa oksigen dengan efisien (Carepeboka, 2009).

2.7 Pengaruh Glukosa Terhadap Darah

Glukosa adalah sumber energi utama bagi tubuh yang diperoleh dari makanan dan diedarkan melalui darah ke seluruh sel tubuh. Meskipun penting, kadar glukosa yang tidak terkontrol, terutama yang terlalu tinggi (*hiperglikemia*), dapat berdampak buruk pada aliran darah dan kesehatan pembuluh darah. *Hiperglikemia* jangka panjang dapat merusak lapisan endotel, yaitu bagian dalam pembuluh darah yang berperan penting dalam menjaga kelancaran aliran darah dan tekanan darah. Kerusakan endotel dapat memicu pembentukan *plak aterosklerotik*, yang menyempitkan pembuluh darah dan meningkatkan risiko

penyakit *kardiovaskular* seperti serangan jantung dan stroke. Selain itu, kadar glukosa tinggi juga dapat menyebabkan penebalan darah, yang membuat aliran darah melambat dan meningkatkan risiko hipertensi (Gravinda Wydiaswara, 2022).



Gambar 2. 7 Hyperglycemia

Tidak hanya itu, *hiperglikemia* juga dapat memicu pembentukan gumpalan darah (*trombosis*), yang bisa menghalangi aliran darah dan memicu gangguan serius seperti *emboli*. Jika kondisi ini berlanjut, risiko terkena *angiopati diabetik*, yaitu kerusakan pembuluh darah besar dan kecil menjadi semakin tinggi. Akibatnya, komplikasi serius seperti *retinopati diabetik* (kerusakan pembuluh darah di mata), *nefropati diabetik* (kerusakan pembuluh darah di ginjal), dan *neuropati diabetik* (kerusakan saraf akibat gangguan aliran darah) dapat muncul (Tata Wulandari, 2022).