

**PENGARUH TELE-EXERCISE TERHADAP PERUBAHAN PARAMETER
EKOKARDIOGRAFI FUNGSI SISTOLIK VENTRIKEL KIRI PADA
PASIEEN GAGAL JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN**

*EFFECT OF TELE-EXERCISE ON ECHOCARDIOGRAPHIC
PARAMETER CHANGES OF LEFT VENTRICULAR SYSTOLIC
FUNCTION IN HEART FAILURE WITH REDUCED EJECTION
FRACTION PATIENT*



Oleh:

dr. James Klemens Phieter Phie

Pembimbing

Prof. Dr. dr. Ali Aspar Mappahya, SpPD, SpJP(K)

Dr. dr. Idar Mappangara, SpPD, SpJP(K)

dr. Zaenab Djafar, SpPD, SpJP(K)

dr. Aussie Fitriani Ghaznawie, SpJP(K)

dr. Melda Warliani, SpKFR(K)

Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.K.M

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI KARDIOLOGI DAN KEDOKTERAN VASKULAR
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS

**PENGARUH TELE-EXERCISE TERHADAP PERUBAHAN PARAMETER
EKOKARDIOGRAFI FUNGSI SISTOLIK VENTRIKEL KIRI PADA PASIEN
GAGAL JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN**

JAMES KLEMENS PHIETER PHIE

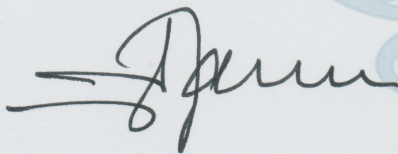
NIM C165181009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi PPDS 1 Ilmu Penyakit Jantung Dan Pembuluh Darah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Januari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. dr. Ali Aspar Mappahya, SpPD, SpJP (K)

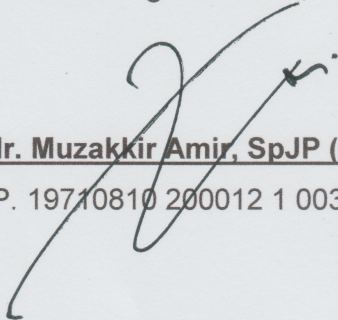
Dr. dr. Idar Mappangara, SpPD, SpJP(K)

NIP. 19450620 197602 1 001

NIP. 19660721 199603 1 004

Ketua Program Studi,

Dekan Fakultas Kedokteran,



Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K)

Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, SpPD-KGH, SpGK, FINASIM

NIP. 19710810 200012 1 003

NIP. 19680530 199603 2 001

TESIS

PENGARUH TELE-EXERCISE TERHADAP PERUBAHAN PARAMETER
EKOKARDIOGRAFI FUNGSI SISTOLIK VENTRIKEL KIRI PADA PASIEN
GAGAL JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN

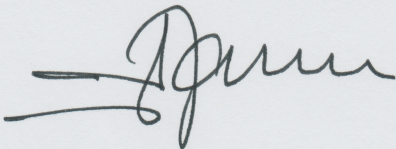
JAMES KLEMENS PHIETER PHIE

NIM C165181009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi PPDS 1 Ilmu Penyakit Jantung Dan Pembuluh Darah
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 18 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui


Pembimbing Utama,



Prof. Dr. dr. Ali Aspar Mappahya, SpPD, SpJP (K)

NIP. 19450620 197602 1 001

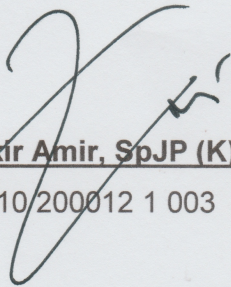
Pembimbing Pendamping,



Dr. dr. Idar Mappangara, SpPD, SpJP(K)

NIP. 19660721 199603 1 004

Ketua Program Studi,



Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K)

NIP. 19710810/200012 1 003

Ketua Departemen Kardiologi Dan
Kedokteran Vaskular,



Dr. dr. Abdul Hakim Alkatiri, SpJP (K)

NIP. 19680708 199903 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : James Klemens Phieter Phie
NIM : C165181009
Program Studi : Jantung dan Pembuluh Darah
Jenjang : Sp-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

PENGARUH TELE-EXERCISE TERHADAP PERUBAHAN PARAMETER
EKOKARDIOGRAFI FUNGSI SISTOLIK VENTRIKEL KIRI PADA PASIEN
GAGAL JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Januari 2023

Yang Menyatakan



(James Klemens Phieter Phie)

PENETAPAN PANITIA PENGUJI

Tesis ini telah diuji dan dinilai oleh panitia penguji pada

Tanggal 18 Januari 2023

Panitia penguji Tesis berdasarkan SK Dekan Fakultas Kedokteran

Universitas Hasanuddin

No. 275/UN4.6.1/KEP/2023, Tanggal 05 Januari 2023

Ketua : Prof. Dr. dr. Ali Aspar Mappahya, SpPD, SpJP(K)

Anggota : Dr. dr. Idar Mappangara, SpPD, SpJP(K)
dr. Zaenab Djafar, M.Kes, SpPD, SpJP(K)
dr. Aussie Fitriani Ghaznawie, SpJP(K)
dr. Melda Warliani, SpKFR(K)
Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.Kes

Ucapan Terima Kasih

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, karunia, dan lindungan-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini sebagaimana mestinya. Penulisan tesis ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Spesialis pada Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.

Saya menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, baik isi maupun bahasanya, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi perbaikan selanjutnya.

Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. dr. Ali Aspar Mappahya, SpPD, SpJP(K) sebagai Pembimbing I dan Dr. dr. Idar Mappangara, SpPD, SpJP(K) sebagai pembimbing II atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan sampai dengan penulisan tesis ini, serta kepada dr. Zaenab Djafar, M.Kes, SpPD, SpJP(K), dr. Aussie Fitriani Ghaznawie, SpJP(K), dan dr. Melda Warliani, SpKFR(K) yang banyak memberikan masukan terhadap penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM. sebagai pembimbing statistik yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam bidang statistik dan pengolahan data dalam penelitian ini.

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ketua Program Studi Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K), Sekretaris Program Studi dr. Az Hafid Nashar, SpJP(K), seluruh staf pengajar beserta pegawai di Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang memberikan arahan, dukungan, dan motivasi kepada penulis selama pendidikan.
2. Penasihat akademik penulis Dr. dr. Abdul Hakim Alkatiri, SpJP(K) yang telah mendidik dan memberikan arahan selama mengikuti proses pendidikan.
3. Orangtua terkasih Alm.Rudy Phieter dan Cherry Felicia beserta adik-adik Joshua Kenneth Phieter Phie, Jordan Kendrew Phieter Phie, Jeremy Keith Phieter Phie yang telah memberikan kasih sayang yang tulus, dukungan, pengorbanan, doa dan pengertiannya selama penulis menjalani proses pendidikan.
4. Teman sejawat peserta PPDS-1 Kardiologi dan Kedokteran Vaskular khususnya teman angkatan Roeang 9oenjing (Bang Hendry, Kak Ayu, Kak Wiah, Wiwi, Densu, Idul, Kak Jacky, dan Opel) atas bantuan dan kerja samanya selama proses pendidikan yang penuh kisah suka dan duka.
5. dr. Andriany Qanitha yang telah membantu proses penulisan tesis ini.
6. Paramedis dan staf Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular di seluruh rumah sakit jejaring atas kerja samanya selama penulis mengikuti pendidikan.

7. Saudara-saudara dan keluarga besar yang telah memberikan kasih sayang yang tulus, dukungan, doa dan pengertiannya selama penulis mengikuti proses pendidikan.
8. Pasien yang telah bersedia mengikuti penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan sebagaimana mestinya.
9. Semua pihak yang namanya tidak tercantum namun telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga tesis ini memberikan manfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya serta Ilmu Kardiologi dan Kedokteran Vaskular pada khususnya di masa yang akan datang.

Penulis,

JAMES KLEMENS PHIETER PHIE

ABSTRAK

JAMES KLEMENS PHIETER PHIE. **Pengaruh Tele-Exercise Terhadap Perubahan Parameter Ekokardiografi Fungsi Sistolik Ventrikel Kiri Pada Pasien Gagal Jantung Fraksi Ejeksi Menurun** (dibimbing oleh Ali Aspar Mappahya, Idar Mappangara, Zaenab Djafar, Aussie Fitriani Ghaznawie, Melda Warliani, Andi Alfian Zainuddin)

Abstrak: Rehabilitasi kardiovaskular berbasis latihan fisik merupakan salah satu komponen pengobatan gagal jantung. Namun, tingkat partisipasinya masih rendah saat ini. Untuk mengatasi masalah tersebut, *home-based tele-exercise* bisa menjadi solusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *home-based tele-exercise* pada pasien *heart failure with reduced ejection fraction* (HFrEF).

Bahan dan Metode: Penelitian ini merupakan penelitian *quasi-experimental* di Rumah Sakit Pusat Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar, Indonesia, mulai dari September hingga Desember 2022. Pasien rawat jalan di poliklinik Pusat Jantung Terpadu, Rumah Sakit Pusat Dr. Wahidin Sudirohusodo dengan HFrEF (ejeksi fraksi $\leq 40\%$) yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dimasukkan. Sampel dibagi menjadi dua kelompok: *hospital-based exercise* dan *home-based tele-exercise*. Kedua kelompok menerima program latihan intensitas ringan 30 menit, lima kali seminggu, selama enam minggu. Perubahan data parameter ekokardiografi fungsi sistolik ventrikel kiri diambil sebelum dan sesudah program. Hasil: Sebanyak 31 sampel dievaluasi. Tidak ada perbedaan yang signifikan dalam hal karakteristik dasar. Setelah sesi latihan selesai, terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok dalam hal *Global Longitudinal Strain* (GLS) ($p < 0,05$). Dalam hal perubahan dalam masing-masing kelompok, kedua kelompok menunjukkan peningkatan signifikan parameter geometri ventrikel kiri (LVEDd dan LVEDs), fraksi ejeksi ventrikel kiri (LVEF) dan GLS setelah sesi latihan selesai ($p < 0,05$).

Kesimpulan: Program *home-based tele-exercise* selama 6 minggu tidak inferior terhadap *hospital-based exercise* pada pasien HFrEF dalam perbaikan parameter ekokardiografi fungsi sistolik ventrikel kiri.

Kata kunci: gagal jantung, rehabilitasi kardiovaskular, tele-exercise, ekokardiografi, fungsi sistolik ventrikel kiri

ABSTRACT

JAMES KLEMENS PHIETER PHIE. **Effect Of Tele-Exercise On Echocardiographic Parameter Changes Of Left Ventricular Systolic Function In Heart Failure With Reduced Ejection Fraction.** (supervised by Ali Aspar Mappahya, Idar Mappangara, Zaenab Djafar, Aussie Fitriani Ghaznawie, Melda Warliani, Andi Alfian Zainuddin)

Abstract: Exercise-based cardiovascular rehabilitation is a component of heart failure treatment. However, its participation rate is still low. To overcome this problem, home-based tele-exercise could be a solution. This study aimed to determine the effect of home-based tele-exercise in heart failure with reduced ejection fraction (HFrEF) patients.

Materials and Methods: This was a quasi-experimental study at Dr. Wahidin Sudirohusodo Central Hospital, Makassar, Indonesia starting from September until December 2022. Patients with HFrEF (ejection fraction $\leq 40\%$) were included. The sample was divided into two groups: the hospital-based exercise group and the home-based tele-exercise group. Both groups received 30-minutes light intensity exercise program, five times a week, for six weeks. Data regarding echocardiographic parameter of left ventricular systolic function were recorded pre and post program.

Results: A total sample of 31 people were included. There were no significant differences in terms of basic characteristics. After exercise sessions were completed, there were significant differences between groups in terms of Global Longitudinal Strain (GLS) ($p < 0.05$). In terms of changes within each group, both groups showed significantly improved parameter of left ventricular geometric (LVEDd and LVEDs), left ventricular ejection fraction (LVEF) and GLS after exercise sessions were completed ($p < 0.05$).

Conclusion: A home-based tele-exercise program for 6 weeks was not inferior to hospital-based exercise for HFrEF patients to improve echocardiographic parameter of left ventricular systolic function

Keyword: heart failure, cardiovascular rehabilitation, tele-exercise, echocardiography, left ventricular systolic function

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Pernyataan Keaslian Tesis.....	iii
Ucapan Terima Kasih.....	v
Abstrak.....	vii
Abstract.....	viii
Daftar Isi.....	ii
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xv
Daftar Singkatan.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pertanyaan Penelitian.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1. Tujuan umum.....	4
1.3.2. Tujuan Khusus.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1. Manfaat teori.....	5
1.4.2. Manfaat implikasi klinik.....	5
BAB II.....	7

TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Gagal Jantung Fraksi Ejeksi Menurun.....	7
2.2. Peranan Latihan Fisik pada Gagal Jantung.....	11
2.3. Rekomendasi Latihan Fisik pada Gagal Jantung.....	18
2.3.1. Latihan Fisik Aerobik / Endurance Exercise.....	19
2.3.2. Latihan Resistance	20
2.3.3. Latihan Pernapasan	21
2.4. Hambatan dalam Rehabilitasi Jantung.....	22
2.5. Tele-Exercise pada Gagal Jantung	23
2.6. Kuantifikasi Fungsi Sistolik Ventrikel Kiri Melalui Ekokardiografi .	26
2.6.1. Left Ventricular Mass Index dan Relative Wall Thickness	27
2.6.2. Ejeksi Fraksi dengan Metode Simpson Biplane.....	29
2.6.3. Global Longitudinal Strain.....	30
BAB III.....	32
KERANGKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN	32
3.1. Kerangka Teori	32
3.2. Kerangka Konsep.....	33
3.3. Hipotesis Penelitian	33
BAB IV	34
METODE PENELITIAN	34
4.1. Desain Penelitian.....	34
4.2. Tempat dan Waktu Penelitian	34
4.3. Populasi Penelitian	34
4.4. Sampel dan Cara Pengambilan Sampel	34
4.5. Jumlah Sampel	35
4.6. Kriteria Inklusi dan Eksklusi	35
4.6.1. Kriteria inklusi	35
4.6.2. Kriteria eksklusi	36

4.6.3.	Kriteria Drop-Out.....	36
4.7.	Cara Kerja.....	37
4.7.1.	Subjek Penelitian	37
4.7.2.	Prosedur Penelitian	37
4.8.	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	39
4.9.	Metode Analisis	41
4.10.	Pertimbangan Etik.....	42
4.11.	Kontrol Kualitas.....	42
4.12.	Skema Alur Penelitian.....	43
BAB VI	.....	58
PEMBAHASAN	.....	58
BAB VII	.....	62
PENUTUP	.....	62
7.1.	Kesimpulan	62
7.2.	Keterbatasan Penelitian.....	62
7.3.	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	.....	64

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
Tabel 2. 1. Gejala dan Tanda Tipikal Gagal Jantung	7
Tabel 2. 2. Klasifikasi Gagal Jantung	8
Tabel 2. 3. Rekomendasi Latihan Fisik pada Gagal Jantung.....	19
Tabel 2. 4. Kriteria Beban Latihan Berdasarkan Skala Borg.....	21
<i>Tabel 2. 5. Dosis Optimal Latihan Fisik pada Pasien Gagal Jantung Kronik Berdasarkan 2020 ESC Guidelines on Sports Cardiology and Exercise in Patients with Cardiovascular Disease.....</i>	22
Tabel 2. 6. Berbagai Level Hambatan Dalam Rehabilitasi Jantung	23
Tabel 5. 1. Karakteristik Demografis Subjek Penelitian Berdasarkan Intervensi yang Diterima.....	45
Tabel 5. 2. Profil Klinis Subjek Penelitian berdasarkan intervensi yang diterima.....	46
Tabel 5. 3. Parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian Sebelum Intervensi (Pre-exercise).....	48
Tabel 5. 4. Parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian Setelah Intervensi (Post-exercise).....	49
Tabel 5. 5. Perbandingan Parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian Sebelum dan Setelah Intervensi (Pre vs. Post-exercise)	50
<i>Tabel 5. 6. Perbandingan Parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian Sebelum dan Setelah Intervensi (Pre- vs. Post-exercise) berdasarkan kelompok intervensi</i>	51

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
Gambar 2. 1. Algoritme Diagnostik Gagal Jantung	9
Gambar 2. 2. Mekanisme Efek Manfaat Latihan Fisik dan Rehabilitasi pada Pasien Gagal Jantung.....	13
Gambar 2. 3. Manfaat dari Latihan Fisik Teratur pada Gagal Jantung	18
Gambar 2. 4. Hambatan yang Memengaruhi Telerehabilitasi.....	26
Gambar 2. 5. Solusi Terhadap Hambatan yang Memengaruhi Telerehabilitasi	27
Gambar 2. 6. Klasifikasi Geometrik Hipertrofi Ventrikel Kiri Berdasarkan Indeks Massa Ventrikel Kiri dan Ketebalan Dinding Relatif	29
Gambar 2. 7. Pengukuran Fraksi Ejeksi dengan Metode Biplane Simpson .	30
Gambar 2. 8. Pengukuran Global Longitudinal Strain Menggunakan Speckle Tracking Echocardiography	31
Gambar 4. 1. Exercise Kit yang diberikan kepada peserta yang terdiri dari dumbell 1kg, incentive spirometri, tensimeter digital, pulse oxymeter, log book, dan flash-disk berisi video senam jantung dan edukasi rehabilitasi jantung	38
Gambar 4. 2. Potongan Gambar Logbook peserta Program Gammara' Jantungku	39
Gambar 5. 1. Terapi medikamentosa pasien penelitian	47
Gambar 5. 2. Perbandingan <i>left ventricle stroke volume (LVSV) pre- vs. post- exercise</i> pada kelompok <i>hospital-based exercise (sebagai reference)</i> dan <i>home-based tele-exercise</i>.....	53

Gambar 5. 3. Perbandingan left ventricle ejection fraction (LVEF) pre- vs. post-exercise pada kelompok hospital-based exercise (sebagai reference) dan home-based tele-exercise.....	54
Gambar 5. 4. Perbandingan global longitudinal strain (GLS) pre vs. post-exercise pada kelompok hospital-based exercise (sebagai reference) dan home-based tele-exercise.....	55
Gambar 5. 5. Perbandingan relative wall thickness (RWT) pre vs. post-exercise pada kelompok hospital-based exercise (sebagai reference) dan home-based tele-exercise.....	56
Gambar 5. 6. Perbandingan left ventricle end-diastolic diameter (LVEDd) pre- vs. post-exercise pada kelompok hospital-based exercise (sebagai reference) dan home-based tele-exercise.....	56
Gambar 5. 7. Korelasi antara GLS dan LVEF yang menunjukkan fungsi sistolik ventrikel kiri pada kelompok hospital-based exercise dan home-based tele-exercise	57

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
Lampiran 1. Rekomendasi Persetujuan Etik Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.....	68
Lampiran 2. Izin Penelitian RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo.....	69

DAFTAR SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
2D	2 Dimensions
2DE	2 Dimensions Echocardiography
3D	3 Dimensions
3DE	3 Dimensions Echocardiography
6MWD	6 Minutes Walking Distance
ACEi	Angiotensin-Converting Enzyme
ARA	Aldosterone Receptor Antagonist
ARB	Angiotensin Receptor Blocker
ARNI	Angiotensin Receptor Nephilysin Inhibitor
BSA	Body Surface Area
EDV	End Diastolic Volume
ESV	End Systolic Volume
GLS	Global Longitudinal Strain
HCTR	Hybrid Comprehensive Telerehabilitation
HFmrEF	Heart Failure Mildly Reduced Ejection Fraction
HFpEF	Heart Failure Preserved Ejection Fraction
HFrfEF	Heart Failure Reduced Ejection Fraction
HR	Heart Rate
IMT	Indeks Massa Tubuh
IRT	Ibu Rumah Tangga
LVEF	Left Ventricular Ejection Fraction
LVH	Left Ventricular Hypertrophy
LVMI	Left Ventricular Mass Index
MAP	Mean Arterial Pressure

MCE	Moderate Continuous Exercise
NYHA	New York Heart Association
PTM	Penyakit Tidak Menular
RAA	Renin-Angiotensin-Aldosterone
SD	Sekolah Dasar
SMP	Sekolah Menengah Pertama
SMA	Sekolah Menengah Atas
PNS	Pegawai Negeri Sipil
QOL	Quality of Life
RWT	Relative Wall Thickness
STE	Speckle Tracking Echocardiography
TD	Tekanan Darah
USG	Ultrasonografi
WHO	World Health Organization

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut *World Health Organization* (WHO), penyebab utama kematian penyakit tidak menular (PTM) pada tahun 2008 adalah penyakit kardiovaskular, dengan perkiraan global kematian oleh penyakit kardiovaskular 17,31 juta, atau 48% dari semua PTM, dan 7,3 juta di antaranya dikaitkan dengan penyakit jantung. (Association of Chartered Physiotherapists in Cardiac Rehabilitation (ACPICR), 2015). Resiko kematian gagal jantung kongestif berkisar antara 5–10% pertahun pada gagal jantung kongestif ringan dan meningkat pada angka 30–40% pada gagal jantung kongestif berat. Saat ini 5.7 juta penderita gagal jantung terdiagnosa dengan gagal jantung di Amerika Serikat, diperkirakan angka tersebut akan meningkat hingga 8 juta penderita gagal jantung pada tahun 2030. Di Asia Tenggara terdapat 9 juta penderita gagal jantung dengan prevalensi 6.7% di Malaysia dan 4.5% di Singapura. (Savarese and Lund, 2017). Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Indonesia tahun 2013 menunjukkan bahwa gagal jantung kongestif merupakan penyebab kematian di Indonesia sekitar 9,7% dari keseluruhan penyakit jantung, dengan prevalensi tertinggi di Nusa Tenggara Timur (0,8%), Sulawesi Tengah (0,7%), diikuti oleh Sulawesi Selatan dan Papua (0,5%). (Balitbang Kemenkes RI, 2013)

Gagal jantung kongestif adalah sindrom klinis kompleks yang disebabkan oleh kelainan struktural dan/atau fungsional jantung, yang mengakibatkan penurunan perfusi organ. Tujuan pengobatan pada pasien gagal jantung kongestif adalah untuk meningkatkan kapasitas fungsional dan kualitas hidup, serta menurunkan mortalitas. (Chun and Kang, 2021)

Rehabilitasi jantung didefinisikan sebagai intervensi yang bertujuan untuk membantu pemulihan atau peningkatan fungsi fisik, psikologis, dan sosial pasien setelah kejadian jantung akut atau dalam konteks penyakit kardiovaskular kronis (seperti angina atau gagal jantung). Rehabilitasi jantung terdiri dari proses multidisiplin yang terintegrasi dengan berbagai komponen, menekankan latihan fisik, perubahan perilaku yang ditujukan untuk gaya hidup sehat, pengendalian faktor risiko dan intervensi pada faktor psikologis, dengan tujuan utama menunda perkembangan penyakit kardiovaskular yang mendasarinya. (Abreu *et al.*, 2018)

Rehabilitasi jantung termasuk latihan fisik adalah salah satu pilihan pengobatan, dan pedoman saat ini merekomendasikan sebagai intervensi yang aman dan efektif untuk pasien dengan gagal jantung. Rehabilitasi jantung dapat meningkatkan kapasitas latihan dan kualitas hidup, meminimalkan perkembangan gagal jantung, dan menurunkan mortalitas pada pasien dengan gagal jantung. Walaupun telah terbukti menurunkan morbiditas dan mortalitas, rehabilitasi jantung kurang dimanfaatkan dalam praktek klinis. Tingkat partisipasi rehabilitasi jantung pasien dengan gagal jantung berkisar dari hanya 14% - 43% di seluruh dunia, dengan tingkat *drop out* yang tinggi setelah pendaftaran. Tingkat partisipasi yang rendah ini telah dikaitkan dengan beberapa hambatan, termasuk faktor pasien, faktor tenaga profesional, dan faktor layanan medis. (Chun and Kang, 2021)

Terlepas dari manfaat program rehabilitasi jantung, banyak pasien tidak memiliki akses ke pelatihan berbasis rumah sakit karena faktor jarak tempuh, biaya, dan kesehatan yang buruk. Untuk mengatasi masalah ini, latihan aktifitas fisik berbasis rumah dapat menjadi metode alternatif yang dapat diterima untuk pasien. Implementasi teknologi informasi dan komunikasi di bidang kedokteran, yang dikenal dengan telemedicine, merupakan alternatif yang layak untuk

rehabilitasi jantung. Telerehabilitasi adalah pemberian layanan rehabilitasi jarak jauh melalui teknologi telekomunikasi, seperti telepon, internet, dan konferensi video. Telerehabilitasi membantu mengatasi hambatan dan meningkatkan kepatuhan rehabilitasi jantung karena kemudahan dan aksesibilitasnya. (Piotrowicz *et al.*, 2020)

Latihan fisik secara teratur memberikan banyak manfaat bagi sistem kardiovaskular dan kesehatan secara keseluruhan di semua tahap kehidupan. Bentuk latihan yang paling umum untuk pencegahan primer dan sekunder penyakit kardiovaskular adalah latihan aerobik, yang meningkatkan pengiriman oksigen (yaitu curah jantung) selama latihan fisik, dan latihan ketahanan, yang meningkatkan massa dan kekuatan otot rangka. Pencitraan merupakan salah satu modalitas yang dapat digunakan untuk mengukur efek latihan fisik dan rehabilitasi multimodal karena memungkinkan evaluasi adaptasi fisiologis dan morfologis jantung dan pembuluh darah. Ekokardiografi adalah salah satu modalitas pencitraan utama yang digunakan untuk mengevaluasi efek kardiovaskular dari olahraga berdasarkan akurasi, keserbagunaan, dan profil keamanannya untuk pengujian berulang. Dalam menilai jantung, modalitas ini terutama digunakan untuk memberikan informasi tentang ukuran, massa, dan fungsi sistolik ataupun diastolik ventrikel kiri serta kuantifikasi hemodinamik dan aliran. (Alhumaid *et al.*, 2022)

1.2. Pertanyaan Penelitian

Maka berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apakah terdapat perbaikan parameter ekokardiografi fungsi sistolik ventrikel kiri pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* yang tidak lebih inferior daripada kelompok *hospital-based exercise*?

Berdasarkan pertanyaan penelitian, berikut ini beberapa sub pertanyaan penelitian:

1. Apakah terdapat perbaikan ejeksi fraksi ventrikel kiri melalui pengukuran 2D biplane dengan metode Simpson pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* yang tidak lebih inferior daripada kelompok *hospital-based exercise*?
2. Apakah terdapat perbaikan ejeksi fraksi ventrikel kiri melalui pengukuran Global Longitudinal Strain (GLS) pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* yang tidak lebih inferior daripada kelompok *hospital-based exercise*?
3. Apakah terdapat signifikansi perubahan geometri ventrikel kiri pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* dibandingkan kelompok *hospital-based exercise*?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan umum

Mengetahui non-inferioritas perbaikan parameter ekokardiografi fungsi sistolik ventrikel kiri pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* terhadap kelompok *hospital-based exercise*

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui non-inferioritas perbaikan ejeksi fraksi ventrikel kiri melalui pengukuran 2D biplane dengan metode Simpson pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* terhadap kelompok *hospital-based exercise*
2. Mengetahui non-inferioritas perbaikan ejeksi fraksi ventrikel kiri melalui pengukuran Global Longitudinal Strain (GLS) pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* terhadap kelompok *hospital-based exercise*
3. Mengetahui signifikansi perubahan geometri ventrikel kiri pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *home-based tele-exercise* dibandingkan kelompok *hospital-based exercise*

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat teori

Penelitian bermanfaat mengetahui hasil pemeriksaan ekokardiografi fungsi sistolik ventrikel kiri pada penderita gagal jantung fraksi ejeksi menurun yang menjalani program *home-based tele-exercise*.

1.4.2. Manfaat implikasi klinik

1. Sebagai prototipe untuk pengembangan aplikasi *home-based tele-exercise* yang komprehensif dan aplikatif di masa mendatang
2. Sebagai bahan masukan untuk pengambilan keputusan di bidang kardiovaskular untuk perencanaan rehabilitasi jantung dan latihan fisik pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun dengan metode *home-based tele-exercise*

3. Sebagai sumber data untuk penelitian yang berhubungan dengan telerehabilitasi jantung pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di masa mendatang

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gagal Jantung Fraksi Ejeksi Menurun

Gagal jantung adalah sindrom klinis kompleks yang disebabkan oleh kelainan struktural dan/atau fungsional jantung, yang mengakibatkan penurunan perfusi organ. Terminologi yang digunakan dalam mendeskripsikan gagal jantung berasal dari sejarah panjang dan berbasis pada pengukuran fraksi ejeksi. Pasien gagal jantung berdasarkan nilai fraksi ejeksi (*Ejection Fraction/EF*) dibagi atas gagal jantung dengan EF normal (>50%), dan gagal jantung dengan EF menurun (<40%). EF antara 40-50% dimasukkan dalam kategori *mildly-reduced*. (Ponikowski *et al.*, 2016; Chun and Kang, 2021)

Tabel 2. 1. Gejala dan Tanda Tipikal Gagal Jantung (McDonagh *et al.*, 2022)

Symptoms	Signs
Typical	More specific
Breathlessness	Elevated jugular venous pressure
Orthopnoea	Hepatojugular reflux
Paroxysmal nocturnal dyspnoea	Third heart sound (gallop rhythm)
Reduced exercise tolerance	Laterally displaced apical impulse
Fatigue, tiredness, increased time to recover after exercise	
Ankle swelling	
Less typical	Less specific
Nocturnal cough	Weight gain (>2 kg/week)
Wheezing	Weight loss (in advanced HF)
Bloated feeling	Tissue wasting (cachexia)
Loss of appetite	Cardiac murmur
Confusion (especially in the elderly)	Peripheral oedema (ankle, sacral, scrotal)
Depression	Pulmonary crepitations
Palpitation	Pleural effusion
Dizziness	Tachycardia
Syncope	Irregular pulse
Bendopnea ^a	Tachypnoea
	Cheyne-Stokes respiration
	Hepatomegaly
	Ascites
	Cold extremities
	Oliguria
	Narrow pulse pressure

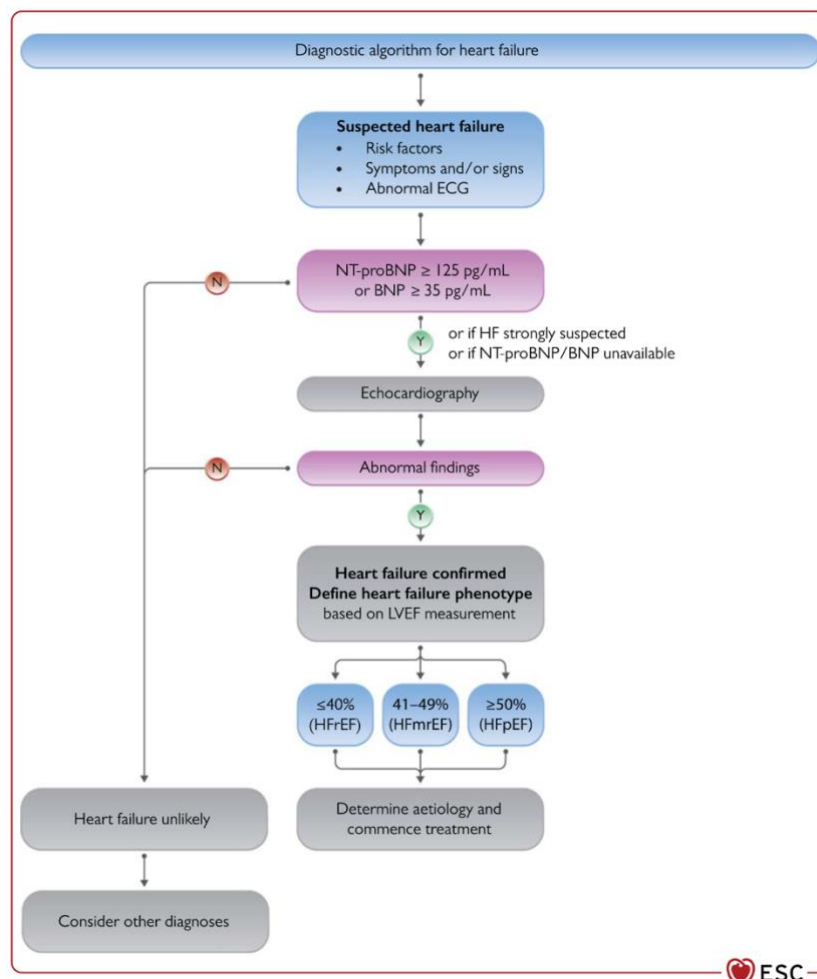
Diagnosis gagal jantung kongestif memerlukan adanya gejala dan tanda disertai adanya bukti objektif dari disfungsi jantung dengan gejala tipikal meliputi sesak napas, mudah lelah dan pembengkakan pada pergelangan kaki (**tabel 2.1**). Namun demikian, gejala dan tanda sendiri belum cukup untuk menegakkan diagnosis gagal jantung. Riwayat pasien dengan infark miokard, hipertensi arterial, penyakit jantung koroner, diabetes melitus, penyalahgunaan alkohol, penyakit ginjal kronik, kemoterapi kardiotoxik, dan riwayat keluarga dengan kardiomiopati atau kematian mendadak. Beberapa pemeriksaan diagnostik tambahan diperlukan untuk membantu penegakan diagnosis gagal jantung kongestif, yakni elektrokardiogram, pemeriksaan kadar *natriuretic peptide*, pemeriksaan parameter laboratorium lainnya (ureum, kreatinin, elektrolit, darah rutin, fungsi liver dan tiroid), ekokardiografi dan foto thoraks. (McDonagh *et al.*, 2022)

Tabel 2. 2. Klasifikasi Gagal Jantung (Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia, 2020)

Berdasarkan kelainan struktural jantung	Berdasarkan kapasitas fungsional (NYHA)
<p>Stadium A</p> <p>Memiliki risiko tinggi untuk berkembang menjadi gagal jantung. Tidak terdapat gangguan struktural atau fungsional jantung, dan juga tidak tampak tanda atau gejala.</p>	<p>Kelas I</p> <p>Tidak ada batasan aktivitas fisik. Aktivitas fisik sehari-hari tidak menimbulkan kelelahan, berdebar atau sesak napas.</p>
<p>Stadium B</p> <p>Telah terbentuk kelainan pada struktur jantung yang berhubungan dengan perkembangan gagal jantung tapi tidak terdapat tanda atau gejala.</p>	<p>Kelas II</p> <p>Terdapat batasan aktivitas ringan. Tidak terdapat keluhan saat istirahat, namun aktivitas fisik sehari-hari menimbulkan kelelahan, berdebar atau sesak napas.</p>
<p>Stadium C</p> <p>Gagal jantung yang simtomatik berhubungan dengan penyakit struktural jantung yang mendasari.</p>	<p>Kelas III</p> <p>Terdapat batasan aktivitas yang bermakna. Tidak terdapat keluhan saat istirahat, namun aktivitas fisik ringan menyebabkan kelelahan, berdebar atau sesak napas.</p>
<p>Stadium D</p> <p>Penyakit jantung struktural lanjut serta gejala gagal jantung yang sangat bermakna muncul saat istirahat walaupun sudah mendapat terapi farmakologi maksimal (refrakter).</p>	<p>Kelas IV</p> <p>Tidak dapat melakukan aktivitas fisik tanpa keluhan. Terdapat gejala saat istirahat. Keluhan meningkat saat melakukan aktivitas.</p>

Secara struktural gagal jantung diklasifikasikan atas 4 stadium dari A hingga D, sedangkan secara fungsional diklasifikasikan berdasarkan *New York Heart Association* (NYHA) kelas I hingga NYHA kelas IV. Pembagian ini dapat dilihat pada **tabel 2.2**. (Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia, 2020)

Ekokardiografi merupakan tes yang paling luas digunakan pada pasien yang dicurigai gagal jantung untuk menegakkan diagnosis. Tes ini dapat memberi informasi mengenai volume ruang jantung, fungsi sistolik dan diastolik, ketebalan dinding jantung, fungsi katup, dan hipertensi pulmonal. Informasi ini penting untuk menegakkan diagnosis dan menentukan terapi. Lebih lanjut algoritma diagnosis gagal jantung dapat dilihat pada **gambar 2.1** di bawah ini.



Gambar 2. 1. Algoritme Diagnostik Gagal Jantung (McDonagh et al., 2022)

Secara sentral, fungsi jantung dan paru menurun pada pasien gagal jantung dan menyebabkan gejala seperti kelelahan dan sesak saat berlatihan fisik. Gagal jantung dikaitkan dengan hipertrofi jantung maladaptif atau patologis yang berkembang sebagai respons terhadap rangsangan patologis seperti hipertensi atau infark miokard. Hipertrofi patologis, yang awalnya bersifat kompensasi, akhirnya gagal mempertahankan fungsi jantung dan sering memburuk menjadi gagal jantung. Secara molekuler, *gene expression* dialihkan ke *foetal gene expression programme* dan secara metabolik, penggunaan substrat bergeser dari asam lemak menuju peningkatan oksidasi glukosa sebagai respon kompensasi. Berlawanan dengan hipertrofi fisiologis; fibrosis, apoptosis, dan nekrosis juga terjadi sebagai respons terhadap rangsangan patologis. Pada akhirnya hal ini bersama-sama menyebabkan gangguan struktural dan fungsional otot jantung yang akhirnya berujung pada sindrom gagal jantung. (Nijholt *et al.*, 2022)

Secara perifer, gagal jantung telah dikaitkan dengan beberapa defek pada struktur dan fungsi otot rangka termasuk atrofi, *unfavourable switch* ke tipe serat otot glikolitik dan disfungsi mitokondria umum. Selanjutnya, kapasitas adaptif otot rangka juga *blunted* pada pasien dengan *heart failure reduced ejection fraction* (HfrEF) dan *heart failure preserved ejection fraction* (HfpEF). Berbeda dengan jantung, massa otot rangka memburuk pada gagal jantung yang mengarah ke atrofi otot daripada hipertrofi. *Bioenergetics* pada otot rangka juga terganggu, dan dapat dikaitkan dengan reduksi serat otot oksidatif (tipe I) dan volume serta densitas mitokondria. (Nijholt *et al.*, 2022)

Cardiac remodelling didefinisikan sebagai perubahan dalam struktur (dimensi, massa dan bentuk) jantung sebagai respon terhadap beban hemodinamik dan/atau cedera jantung, terkait aktivasi neurohormonal dan lainnya. Proses remodelling jantung meliputi perubahan struktural, fungsional, seluler dan

molekuler yang melibatkan miosit jantung dan matriks kolagen interstitial. (Colucci and Cohn, 2022)

Remodelling dapat dikategorikan sebagai fisiologis (adaptif) atau patologis (maladaptif). *Remodelling* fisiologis adalah perubahan kompensasi pada dimensi dan fungsi jantung sebagai respon terhadap rangsangan fisiologis seperti olahraga dan kehamilan. Jenis *remodelling* ini terlihat pada atlet dan disebut *athlete's heart*. *Remodelling* patologis dapat terjadi akibat kelebihan beban tekanan (misal stenosis aorta, hipertensi), kelebihan volume (misal regurgitasi katup) atau setelah cedera jantung; dapat terlokalisasi (misal infark miokard) atau difus (misal miokarditis atau kardiomiopati dilatasi idiopatik). Perubahan struktural dan fungsional umumnya mencakup peningkatan massa miokard, dan miosit adalah sel utama yang terlibat dalam proses *remodelling*. Hipertrofi miokard paling tepat didefinisikan sebagai peningkatan ukuran kardiomyosit dengan atau tanpa peningkatan massa miokard secara keseluruhan; namun, istilah "hipertrofi" digunakan secara klinis untuk menunjukkan peningkatan massa miokard dan/atau ketebalan dinding. *Remodelling* ventrikel kiri dapat berupa hipertrofi konsentrik akibat beban tekanan yang berlebihan, hipertrofi eksentrik akibat volume yang berlebihan. (Colucci and Cohn, 2022)

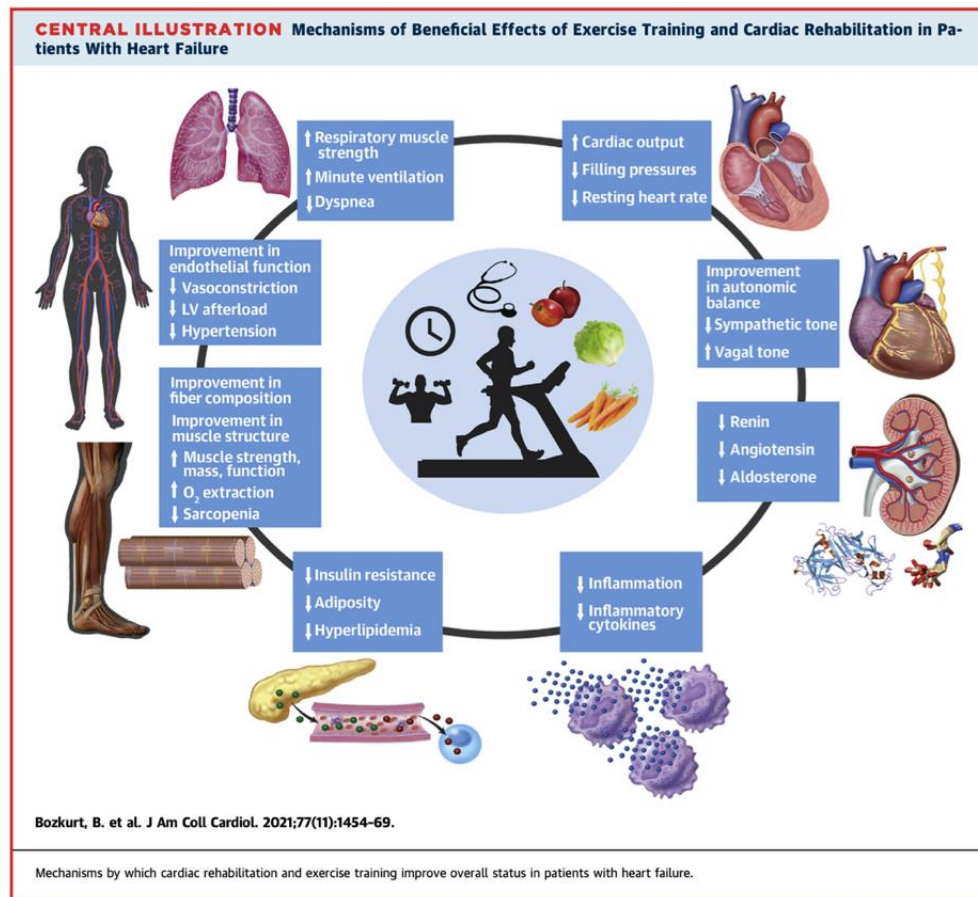
2.2. Peranan Latihan Fisik pada Gagal Jantung

Latihan fisik pada pasien gagal jantung aman dan memiliki banyak manfaat. Dalam percobaan besar latihan fisik dan gagal jantung, latihan fisik dikaitkan dengan penurunan mortalitas penyakit kardiovaskular atau hospitalisasi di kelompok latihan fisik setelah penyesuaian untuk faktor risiko. Uji Meta-analisis menunjukkan bahwa rehabilitasi jantung meningkatkan kapasitas fungsional, durasi latihan, dan kualitas hidup yang berhubungan dengan kesehatan. Program

rehabilitasi jantung untuk pasien dengan gagal jantung biasanya mencakup evaluasi medis, pendidikan tentang pentingnya kepatuhan medis, rekomendasi diet, dukungan psikososial, dan latihan fisik dan program konseling aktivitas fisik. Pasien gagal jantung dengan *guideline-directed medical therapy* (GDMT) optimal, yang berada dalam kondisi medis yang stabil dan dapat berpartisipasi dalam program latihan fisik, adalah kandidat untuk program rehabilitasi latihan fisik. (Heidenreich *et al.*, 2022)

Bukti dari uji klinis acak menunjukkan bahwa latihan fisik meningkatkan status fungsional, *exercise performance*, dan kualitas hidup pada pasien dengan HFrEF dan HFpEF. Dalam HF-ACTION, uji coba acak terbesar dengan latihan fisik pada pasien dengan gagal jantung, 2331 pasien dengan LVEF <35% (NYHA kelas II dan III) diacak ke perawatan biasa versus latihan fisik yang diawasi plus perawatan biasa. Terdapat reduksi sederhana dalam semua penyebab mortalitas dan tingkat rawat inap yang tidak mencapai signifikansi dengan analisis primer tetapi, setelah penyesuaian yang ditentukan sebelumnya, dikaitkan dengan penurunan mortalitas kardiovaskular atau rawat inap karena gagal jantung. Meta-analisis menunjukkan bahwa latihan fisik dikaitkan dengan peningkatan kapasitas fungsional, durasi latihan, kualitas hidup yang berhubungan dengan kesehatan, dan pengurangan rawat inap pasien gagal jantung pada pasien dengan HFrEF serta HFpEF. Sebagian besar penelitian dan meta-analisis tidak menunjukkan perubahan signifikan pada semua penyebab mortalitas, kecuali beberapa yang menunjukkan manfaat mortalitas dengan follow up yang lebih lama. Rehabilitasi jantung berbasis latihan fisik telah dikaitkan dengan peningkatan kapasitas fungsional, toleransi latihan, tingkat rawat inap secara keseluruhan dan spesifik

gagal jantung, dan peningkatan kualitas hidup. (Adams *et al.*, 2017; Heidenreich *et al.*, 2022)



Gambar 2. 2. Mekanisme Efek Manfaat Latihan Fisik dan Rehabilitasi pada Pasien Gagal Jantung (Bozkurt *et al.*, 2021)

Beberapa manfaat latihan fisik pada pasien gagal jantung yaitu (Piña *et al.*, 2003; Gielen *et al.*, 2010):

a. Kapasitas Latihan

Manfaat latihan fisik pada pasien gagal jantung termasuk peningkatan *exercised tolerance* yang dinilai tidak hanya dengan durasi latihan tetapi yang lebih penting dengan VO_{2max} . Perubahan VO_{2max} berkisar antara 12% hingga 31%. Sebagian besar peningkatan terjadi pada minggu ke 3 tetapi dapat berlanjut hingga 6 bulan jika kepatuhan dengan program latihan fisik terus berlanjut. Tidak hanya *exercise performance* maksimal yang ditingkatkan tetapi juga indeks latihan

submaksimal yang diukur dengan *6-minute walking test* atau *ventilatory threshold*. Peningkatan VO_{2max} telah berkorelasi dengan perbaikan lain, seperti peningkatan mitokondria otot dan penurunan ventilasi.

b. Katekolamin

Karena peningkatan katekolamin plasma telah dikaitkan dengan prognosis yang buruk pada pasien dengan gagal jantung, beberapa peneliti telah mengukur perubahan katekolamin sebagai respons terhadap pelatihan latihan fisik dengan harapan bahwa perubahan tersebut akan menurun. Hasil studi tersebut bervariasi. Variabilitas dalam temuan ini mungkin terkait dengan tingkat severitas penyakit, etiologi dan durasi sindrom gagal jantung, intensitas dan durasi latihan latihan fisik, dan adanya obat modulasi aktivitas simpatik, misalnya, ACE inhibitor atau β -adrenergik blocker.

c. Respon Ventilasi

Gejala pada pasien dengan gagal jantung berhubungan dengan peningkatan laktat darah yang berlebihan selama tingkat latihan yang rendah, penurunan VO_2 pada puncak latihan, dan peningkatan ventilasi yang tidak proporsional pada beban latihan submaksimal dan puncak. Peningkatan kebutuhan ventilasi dinilai oleh respon hiperventilasi terhadap latihan dan peningkatan ruang mati paru menyebabkan pernapasan cepat dan dangkal selama latihan. Karena otot rangka menjadi terdekondisi, pasien akan mengalami dekondisi yang sama pada otot-otot pernapasan. Latihan fisik memiliki potensi untuk memperbaiki kelainan tersebut. Perubahan dicapai terutama melalui mekanisme perifer, dengan sedikit atau tanpa efek pada fungsi ventrikel kiri saat istirahat.

d. Fungsi Endotel

Studi invasif dan non-invasif telah menunjukkan korelasi yang signifikan antara fungsi endotel arteri koroner dan lengan bawah pada pasien dengan penyakit arteri koroner. Dengan demikian, respons diameter arteri brakialis terhadap hiperemia reaktif atau asetilkolin dapat mencerminkan relaksasi arteri yang bergantung pada endotelium dari arteri dengan ukuran yang sama di lokasi lain. Atas dasar ini, dapat dihipotesiskan bahwa latihan fisik dapat meningkatkan relaksasi arteri perifer yang bergantung pada aliran darah dan juga peningkatan aliran darah ke otot rangka.

e. Adaptasi miokard

Meskipun peningkatan exercise capacity setelah latihan fisik terutama terkait dengan adaptasi perifer, penelitian telah menyarankan efek yang menguntungkan pada adaptasi miokard serta pada hasil adaptasi pembuluh koroner yang diinduksi oleh latihan fisik. Namun, sebagian besar penelitian menunjukkan sedikit atau tidak ada perubahan pada eaksi fraksi. Perbaikan VO₂max dan cardiac output juga berhubungan dengan peningkatan *peak ventricular filling rate*. Dalam kelompok pasien dengan kardiomiopati iskemik dan EF <30%, Belardinelli dkk menunjukkan bahwa program pelatihan 8 minggu dengan intensitas 60% dari intensitas VO₂max meningkatkan *peak diastolic filling rate*, yang berkorelasi dengan peningkatan indeks jantung selama latihan fisik. Perubahan yang dicatat dalam istirahat dan stroke volume saat latihan dalam berbagai penelitian mungkin terkait dengan peningkatan resistensi perifer, yang juga menyebabkan penurunan kardiomegali.

f. Kualitas hidup

Studi yang membahas *quality of life* (QOL) pada pasien dengan gagal jantung yang berpartisipasi dalam program latihan fisik terbatas. Selain itu, alat

pengukuran QOL bervariasi, dan hasilnya tidak konsisten. Alat yang berfokus pada gejala seperti dispnea dan kelelahan serta status psikososial (misalnya, fungsi emosional dan penguasaan atau kontrol yang dirasakan atas gejala) lebih mungkin untuk mendeteksi respons yang menguntungkan terhadap intervensi. "*Minnesota Living With Heart Failure Questionnaire*" yang umum digunakan menilai QOL terkait kesehatan penyakit tertentu dengan memasukkan persepsi pasien tentang efek gagal jantung dan pengobatannya pada kehidupan sehari-harinya. Belardinelli dkk yang meneliti pada 99 orang pasien gagal jantung menggunakan kuesioner tersebut dan menemukan adanya peningkatan kualitas hidup yang berbanding lurus dengan peningkatan kapasitas aerobik.

g. Disfungsi Diastolik dan Latihan Fisik

Disfungsi diastolik yang terisolasi (yaitu, gagal jantung dengan fungsi sistolik normal) sekarang diakui sebagai penyebab umum gagal jantung dan dispnea saat aktivitas. Namun, tidak ada uji klinis yang memadai dengan titik akhir hasil yang sesuai, seperti peningkatan umur panjang, penurunan gejala, atau peningkatan kualitas hidup, untuk secara definitif membuktikan manfaat latihan fisik pada pasien dengan disfungsi diastolik terisolasi dan fungsi sistolik normal. Beberapa studi klinis dan eksperimental, bagaimanapun, menunjukkan bahwa latihan fisik akan bermanfaat bagi pasien tersebut. Disfungsi diastolik biasanya akibat penuaan, hipertrofi, iskemia, atau kombinasi dari faktor-faktor ini. Latihan fisik telah terbukti mempengaruhi semua efek ini dengan baik.

h. Penuaan

Bahkan tanpa adanya penyakit kardiovaskular yang nyata, indeks fungsi diastolik awal menurun seiring bertambahnya usia; penurunan ini dapat berkontribusi pada peningkatan klinis, disfungsi diastolik simtomatik sebagai

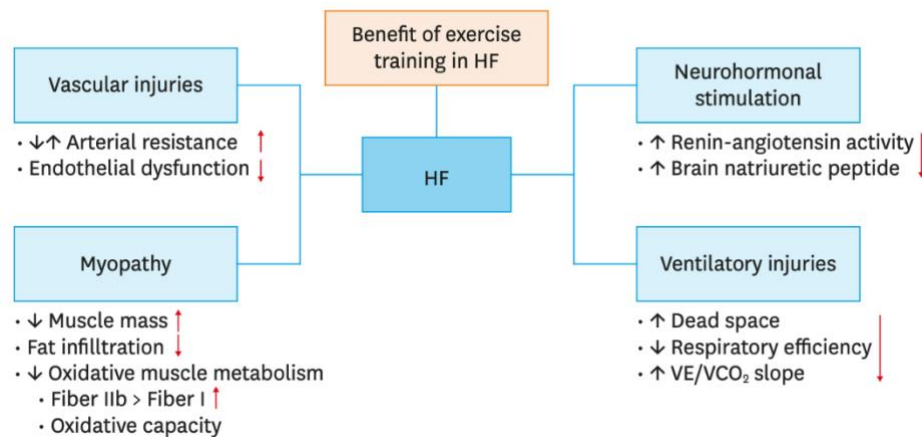
penyebab gagal jantung pada orang tua. Penuaan ditandai dengan gangguan relaksasi diastolik awal, penurunan tingkat pengisian awal puncak, peningkatan tingkat puncak pengisian atrium, dan penurunan rasio E/A.

i. Reversal Hipertrofi Patologis dengan Latihan Fisik

Exercise conditioning pada tikus (dengan program berenang 8-10 minggu) mengalami reversal terkait kondisi patologis hipertrofi *pressure overload* karena hipertensi renovaskular, seperti hipertrofi LV (LVH) – terkait penurunan aktomiosin miokard, Ca^{2+} miosin, dan aktivitas Mg^{++} -miosin ATPase yang diaktifkan aktin dan peningkatan konten isoform V3 miosin. Program renang juga sebagian atau seluruhnya menyebabkan reversal kelainan terkait LVH pada fungsi jantung, aliran koroner, dan konsumsi oksigen. Peningkatan serupa dalam fungsi jantung diamati ketika *exercise conditioning* berenang dilakukan pada LVH konsentris yang disebabkan oleh stenosis aorta.

j. Latihan Fisik Jangka Panjang dan Proteksi Terhadap *Hypoxic dan Ischemic Injury*

Iskemia miokard mungkin merupakan komponen signifikan dari sindrom disfungsi diastolik klinis. Karena latihan fisik dapat meningkatkan toleransi miokard terhadap hipoksia dan iskemia, hal itu dapat mengurangi kontribusi iskemik terhadap disfungsi diastolik. Singkatnya, di sebagian besar studi klinis dan eksperimental, *endurance-type exercise training* telah meningkatkan indeks fungsi diastolik pada orang tua dan muda dan pada tikus dengan LVH. Dengan demikian, latihan fisik mungkin memiliki potensi yang bermanfaat dalam disfungsi diastolik simptomatik yang signifikan secara klinis.



Gambar 2. 3. Manfaat dari Latihan Fisik Teratur pada Gagal Jantung (Chun and Kang, 2021)

2.3. Rekomendasi Latihan Fisik pada Gagal Jantung

Rehabilitasi jantung terdiri dari proses multidisiplin yang terintegrasi dengan berbagai komponen, menekankan latihan fisik, perubahan perilaku yang ditujukan untuk gaya hidup sehat, pengendalian faktor risiko dan intervensi pada faktor psikologis, dengan tujuan utama menunda perkembangan penyakit kardiovaskular yang mendasarinya. Manfaat rehabilitasi jantung telah dibuktikan secara menyeluruh, termasuk penurunan mortalitas dan morbiditas setelah infark miokard, peningkatan kualitas hidup dan kapasitas fungsional pada penyakit kardiovaskular, termasuk gagal jantung. (EAPC (European Association of Preventive Cardiology), 2020) Sejak 1994, *American Heart Association* (AHA) mendeklarasikan bahwa rehabilitasi jantung tidak terbatas hanya pada program latihan fisik saja, tetapi harus mencakup upaya-upaya multidisiplin yang bertujuan untuk mengurangi atau mengontrol faktor risiko yang dapat dimodifikasi. (Radi *et al.*, 2009)

Setelah mengontrol faktor risiko dan optimalisasi terapi, individu dengan gagal jantung harus dimotivasi untuk memulai program latihan fisik tanpa penundaan, seperti yang direkomendasikan dalam berbagai guideline (**tabel 2.3**).

Awalnya program latihan fisik berbasis rumah juga dapat diresepkan dan dipantau. Dalam kasus yang tidak berat, latihan fisik rekreasional dengan intensitas rendah hingga sedang dapat dipertimbangkan secara paralel dengan program latihan fisik terstruktur. Ketika diresepkan, intensitas latihan maksimal harus dipantau, misalnya, dengan monitor detak jantung. Jika pemantauan tidak menunjukkan adanya aritmia akibat latihan fisik atau kelainan lainnya, maka semua jenis latihan fisik rekreasional diperbolehkan. (Pelliccia *et al.*, 2021)

Tabel 2. 3. Rekomendasi Latihan Fisik pada Gagal Jantung (Mezzani *et al.*, 2012; Yancy *et al.*, 2013; Ponikowski *et al.*, 2016)

Class	Guideline Recommendations
American College of Cardiology/American Heart Association, 2013¹²	
Class I	Exercise training (or regular physical activity) is recommended as safe and effective for patients with HF who are able to participate to improve functional status (level of evidence: A)
Class IIa	Cardiac rehabilitation can be used in clinically stable patients with HF to improve functional capacity, exercise duration, health-related quality of life, and mortality (level of evidence: B)
Canadian Cardiovascular Society, 2017¹⁴	
	Regular exercise to improve exercise capacity, symptoms and quality of life in all HF patients (strong recommendation; moderate quality evidence)
	Regular exercise in HF patients with reduced EF to decrease hospital admissions (strong recommendations; moderate-quality evidence)
European Society of Cardiology, 2016¹³	
Class I	It is recommended that regular aerobic exercise is encouraged in patients with HF to improve symptoms and functional capacity (level of evidence: A)
Class I	It is recommended that regular aerobic exercise is encouraged in stable patients with HFrEF to reduce the risk of hospitalisation from HF (level of evidence: A)

HF = heart failure; HFrEF = heart failure with a reduced ejection fraction.

2.3.1. Latihan Fisik Aerobik / *Endurance Exercise*

Latihan aerobik direkomendasikan untuk pasien yang stabil [New York Heart Association (NYHA) kelas I-III], karena efikasi dan keamanannya yang baik. Rekomendasi tentang dosis latihan yang optimal telah dijelaskan sebelumnya dalam *Guidelines* ESC dan AHA. Mode latihan yang paling sering dievaluasi adalah *moderate continuous exercise* (MCE). Pada pasien di NYHA kelas fungsional III, intensitas latihan harus dipertahankan pada intensitas yang lebih

rendah (<40% dari VO_{2peak}), sesuai dengan gejala yang dirasakan dan status klinis selama 1-2 minggu pertama. Hal ini harus diikuti dengan peningkatan intensitas secara bertahap hingga 50-70% VO_{2peak} , dan jika ditoleransi, hingga 85% VO_{2peak} sebagai tujuan utama. Saat ini, program latihan interval intensitas tinggi atau *high-intensity interval training* (HIIT) telah dipertimbangkan sebagai modalitas latihan alternatif untuk pasien risiko rendah. Meta-analisis terbaru menunjukkan bahwa HIIT lebih unggul daripada *Moderate continuous exercise* (MCE) dalam meningkatkan VO_{2peak} pada individu dengan HFrEF (EF<40%) dalam jangka pendek. Namun, keunggulan ini menghilang dalam analisis subkelompok protokol isokalorik. Program HIIT mungkin direkomendasikan pada awalnya untuk mempersiapkan pasien berisiko rendah dengan gagal jantung stabil yang ingin kembali ke latihan fisik aerobik intensitas tinggi dan *mixed endurance sports*. (Pelliccia *et al.*, 2021)

2.3.2. Latihan Resistance

Resistance exercise dapat melengkapi, tetapi tidak menggantikan latihan aerobik karena latihan ini mengembalikan kehilangan massa otot rangka dan dekondisi tanpa stress berlebihan pada jantung. Intensitas latihan sebaiknya dapat diatur pada tingkat resistensi di mana pasien dapat melakukan 10-15 repetisi pada skala RPE Borg 15 (**tabel 2.4**). Pada pasien dengan perubahan fungsi otot rangka dan pengecilan otot, latihan fisik harus fokus pada awalnya pada peningkatan massa otot dengan menggunakan program resistensi. *Resistance exercise* dapat secara khusus dipertimbangkan untuk pasien stabil berisiko rendah, yang ingin kembali ke latihan fisik terkait kekuatan, misalnya angkat besi. Sebuah meta-analisis menunjukkan bahwa *resistance exercise* sebagai intervensi tunggal memiliki kapasitas untuk meningkatkan kekuatan otot, kapasitas aerobik, dan

kualitas hidup pada pasien HFrEF yang tidak dapat berpartisipasi dalam program latihan aerobik. Pada pasien gagal jantung lanjut atau pada pasien dengan toleransi latihan sangat rendah, *resistance exercise* dapat diterapkan dengan aman jika kelompok otot kecil dilatih. (Pelliccia *et al.*, 2021)

Tabel 2. 4. Kriteria Beban Latihan Berdasarkan Skala Borg (PERKI, 2019)

SKALA BORG		
USAHA	SESAK	KAKI LELAH
6	0 tidak ada	0 tidak ada
7 sangat, sangat mudah	0,5 tidak nyata	0,5 tidak nyata
8	1 Sangat ringan	1 Sangat ringan
9 sangat mudah	2 Ringan	2 Ringan
10	3 Sedang	3 Sedang
11 ringan	4 Sedikit berat	4 Sedikit berat
12	5 Berat	5 Berat
13 Sedikit berat	6	6
14	7 Sangat berat	7 Sangat berat
15 Berat	8	8
16	9	9
17 Sangat berat	10 sangat, sangat berat	10 sangat, sangat berat
18		
19 sangat, sangat berat		
20	Tidak tertahankan	Tidak tertahankan

2.3.3. Latihan Pernapasan

Inspiratory muscle training meningkatkan VO_{2peak} , mengurangi dyspnea, dan meningkatkan kekuatan otot, dan biasanya melibatkan beberapa sesi per minggu dengan intensitas mulai dari 30% hingga 60% dari tekanan inspirasi maksimal, dan durasi dari 15-30 menit untuk rata-rata 10-12 minggu. Modalitas pelatihan ini direkomendasikan kepada individu dengan dekondisi berat sebagai alternatif awal yang kemudian dapat beralih ke *latihan fisik* konvensional dan partisipasi latihan fisik, untuk mengoptimalkan manfaat kardiopulmoner. (Pelliccia *et al.*, 2021)

Tabel 2. 5. Dosis Optimal Latihan Fisik pada Pasien Gagal Jantung Kronik Berdasarkan 2020 ESC Guidelines on Sports Cardiology and Exercise in Patients with Cardiovascular Disease (Pelliccia et al., 2021)

	Aerobic exercise	Resistance exercise
Frequency	3–5 days/week, optimally daily	2–3 days/week; balance training daily
Intensity	40–80% of VO_{2peak}	Borg RPE <15 (40–60% of 1RM)
Duration	20–60 min	10–15 repetitions in at least 1 set of 8–10 different upper and lower body exercises
Mode	Continuous or interval	
Progression	A progressively increasing training regimen should be prescribed with regular follow-up controls (at least every 3–6 months) to adjust the duration and the level of the exercise to the reached level of tolerance	A progressively increasing training regimen should be prescribed with regular follow-up controls (at least every 3–6 months) to adjust the duration and the level of the exercise to the reached level of tolerance

©ESC 2020

2.4. Hambatan dalam Rehabilitasi Jantung

Meskipun terdapat bukti nyata yang mendukung manfaat klinis dari program rehabilitasi jantung, tingkat partisipasi dalam rehabilitasi jantung di antara pasien gagal jantung tetap rendah, mulai dari 14% hingga 43% di seluruh dunia dengan tingkat *drop out* yang tinggi setelah pendaftaran. (Chun and Kang, 2021) Di seluruh Eropa, hanya sekitar 50% pasien yang memenuhi syarat yang dirujuk secara keseluruhan, sekitar 80% dari mereka yang dirujuk hadir. Sebuah studi observasional di 24 negara Eropa (Euroaspire IV) menemukan bahwa 51% pasien disarankan untuk menghadiri rehabilitasi jantung setelah kejadian kardiovaskular; 81% pasien menghadiri setidaknya setengah dari sesi, dibandingkan dengan 41% dari keseluruhan sampel, dan proporsi yang disarankan untuk hadir bervariasi dari 0% hingga 85% di berbagai negara. Banyak penelitian menunjukkan hambatan dalam rehabilitasi jantung dipengaruhi oleh 3 faktor, meliputi faktor pasien, faktor

penyedia layanan kesehatan dan faktor sistem layanan kesehatan (**tabel 2.6**). (EAPC (European Association of Preventive Cardiology), 2020)

Tabel 2. 6. Berbagai Level Hambatan Dalam Rehabilitasi Jantung (EAPC (European Association of Preventive Cardiology), 2020)

Table 3.1 Patient, clinician, and healthcare system level barriers to CVD prevention and CR		
Patient	Clinician/healthcare provider	Healthcare system
Perception of low susceptibility	Underestimation of patient need	Lack of clinical guidelines
Absence of symptoms/denial of disease	Failure to initiate treatment	No disease registry Lack of decision support
Low health literacy/low awareness of value of preventive measures	Poor awareness of significance of risk/value of preventive measures	No active outreach Lack of preventive structure
Forgetfulness		No visit/review planning
Poor communication with physician	Poor communication skills/ time limitations	Pressure of short hospital stay
Mistrust of physician	Failure to identify needs/ priorities	Focus on acute care (hospital-based)
Low adherence to lifestyle advice	Failure to agree clear goals/ monitor progress/provide support/review	Perverse incentives
Adverse social/environmental influences on healthy lifestyle	Inadequate proactive planning/poor recognition of external influences or patient's needs/poor inter-professional communication	Poor communication systems within/between health and social care structures
Comorbidities (e.g. depression, mental illness, substance abuse)	Poor management of comorbid conditions	Lack of care coordination
Low adherence to prescribed medication	Failure to communicate importance of medication for risk reduction	Poorly designed preventive programmes
Multiple medications, medication side effects, cost of medications	Failure to optimize medication and titrate to goal appropriately	Poor performance monitoring/quality control

2.5. Tele-Exercise pada Gagal Jantung

Program rehabilitasi jantung terbagi dalam dua bentuk: rehabilitasi jantung berbasis rumah sakit dan rehabilitasi jantung berbasis rumah. Terlepas dari manfaat program rehabilitasi jantung, banyak pasien tidak memiliki akses ke pelatihan berbasis rumah sakit karena faktor jarak tempuh, biaya, dan kesehatan yang buruk. Untuk mengatasi masalah ini, telerehabilitasi berbasis rumah membantu mengatasi hambatan dan meningkatkan kepatuhan rehabilitasi jantung karena kemudahan dan aksesibilitasnya. Program *home-based tele-exercise* atau

latihan fisik berbasis rumah dapat menjadi metode alternatif yang dapat diterima untuk pasien. (Hwang *et al.*, 2017)

Implementasi teknologi informasi dan komunikasi di bidang kedokteran, yang dikenal dengan telemedicine, merupakan alternatif yang layak untuk rehabilitasi jantung. Telerehabilitasi adalah pemberian layanan rehabilitasi jarak jauh melalui teknologi telekomunikasi, seperti telepon, internet, dan konferensi video. (Hwang *et al.*, 2017)

Terdapat beberapa negara yang telah menerapkan telerehabilitasi. Sebanyak 52% pusat rehabilitasi di Belgia telah menyediakan program rehabilitasi jantung dengan menerapkan telerehabilitasi. 35 pusat rehabilitasi di Kanada telah menggunakan program telerehabilitasi. Program jarak jauh dilaporkan menggunakan telerehabilitasi untuk menyampaikan program latihan fisik atau tele-exercise (32% dari program) dan program edukasi (43,5%). Latihan fisik disampaikan menggunakan telepon, email, dan sumber daya platform berbasis web. Telemedicine di Indonesia sudah diterapkan dan diatur dalam Permenkes No. 20 Tahun 2019. (Sari and Wijaya, 2021)

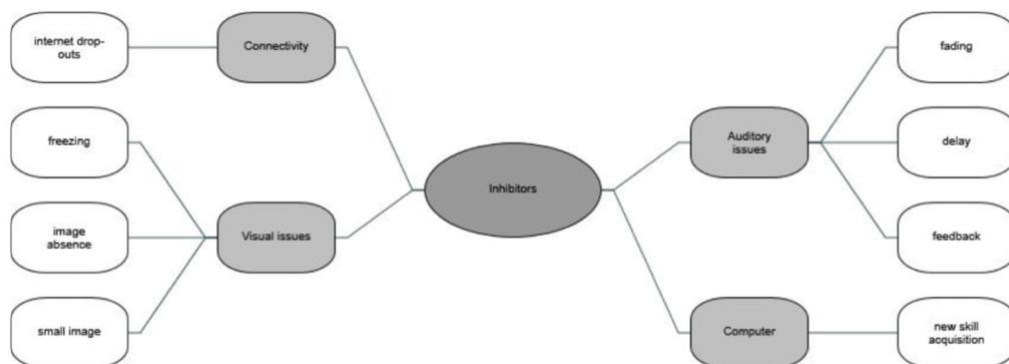
Penelitian uji acak Hwang dkk tahun 2017 di Brisbane pada 53 pasien gagal jantung kronis yang stabil (HF_rEF atau HF_pEF) menunjukkan bahwa telerehabilitasi tidak inferior terhadap program rehabilitasi berbasis rawat jalan di rumah sakit pada pasien gagal jantung kronis. Telerehabilitasi dapat menjadi alternatif yang dengan tingkat kehadiran yang lebih besar pada sesi rehabilitasi. (Hwang *et al.*, 2016)

Uji acak terkontrol oleh Peng dkk tahun 2014-2015 menguji pengaruh program tele-exercise pada 98 pasien gagal jantung di rumah sakit pendidikan Chengdu, Republik Rakyat China. Peserta dalam kelompok eksperimen menjalani

program pelatihan telehealth selama 8 minggu di rumah, termasuk 32 sesi latihan fisik, dengan *follow up* dan konsultasi melalui telepon atau pesan instan. Peserta dalam kelompok kontrol menerima perawatan biasa. Dari penelitian tersebut didapatkan peningkatan yang signifikan secara statistik pada kelompok eksperimen mengenai kualitas hidup (QOL) dan 6MWD dibandingkan dengan post-test kelompok kontrol. Peningkatan signifikan dalam QOL, 6MWD, dan HR istirahat dipertahankan selama 4 bulan pasca-tes. Namun, tidak ada perbaikan signifikan yang diamati mengenai klasifikasi NYHA, LVEF, kecemasan, dan depresi baik pada post-test atau *follow-up* 4-bulan post-test. Tidak ada pasien yang mengalami komplikasi yang signifikan atau hasil yang merugikan selama program. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa pelatihan latihan telehealth adalah metode alternatif yang efektif untuk rehabilitasi jantung, terutama dalam kondisi di Cina. (Peng *et al.*, 2018)

Uji klinis acak *Telerehabilitation in Heart Failure Patients* (TELEREH-HF) oleh Piotrowicz *dkk.*, tahun 2015-2017 di 5 pusat rehabilitasi di Polandia menyelidiki pengaruh *telerehabilitation hybrid* komprehensif atau *Hybrid comprehensive telerehabilitation* (HCTR) yang terdiri dari *telecare* (dengan *telesupport* psikologis), *telerehabilitation* dan pemantauan jarak jauh, pada berbagai aspek kualitas hidup pada pasien gagal jantung dibandingkan dengan rehabilitasi konvensional saja pada 850 pasien gagal jantung (NYHA I-III, LVEF 40%). Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa *telerehabilitation hybrid* komprehensif menghasilkan peningkatan kualitas hidup secara keseluruhan, domain fisik dan 3 area spesifik kualitas hidup: fungsi fisik, fungsi peran terkait dengan keadaan fisik, dan nyeri pada tubuh yang lebih signifikan dibandingkan dengan rehabilitasi konvensional. (Piotrowicz *et al.*, 2020)

Beberapa tantangan yang dihadapi selama program telerehabilitasi adalah masalah teknis seperti kejelasan audiovisual dan kesulitan konektivitas. Beberapa peserta juga mengalami kesulitan visual seperti gambar *freezing*, gambar tidak ada dan tampilan video kecil (sekunder dari jumlah peserta kelompok). Meskipun para peserta mengalami beberapa masalah teknis seperti putus internet dan kualitas suara yang kurang optimal, mereka tetap berkomitmen pada program karena mereka menganggap bahwa hasil kesehatan dan kenyamanan lebih besar daripada masalah teknis. (Hwang *et al.*, 2016)

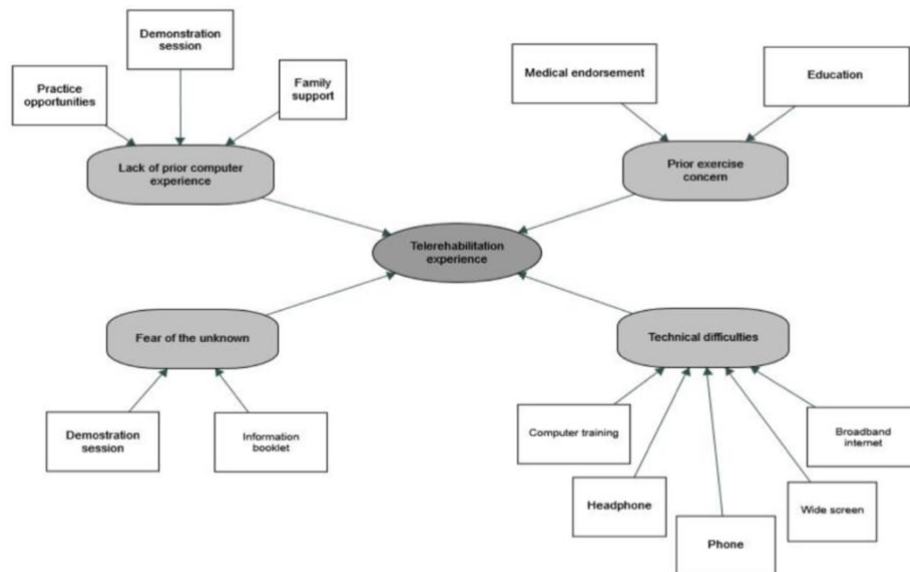


Gambar 2. 4. Hambatan yang Memengaruhi Telerehabilitasi (Hwang et al., 2016)

2.6. Kuantifikasi Fungsi Sistolik Ventrikel Kiri Melalui Ekokardiografi

Ekokardiografi transtorakal direkomendasikan untuk menilai struktur dan fungsi jantung pada penderita yang dicurigai gagal jantung untuk menegaskan diagnosis gagal jantung ejeksi fraksi menurun, *mildly-reduced*, atau normal (rekomendasi kelas IC). Pengukuran geometrik ventrikel kiri untuk menilai *Left Ventricular Mass Index (LVMI)* dan *Relative Wall Thickness* juga dapat dilakukan dengan ekokardiografi. Ekokardiografi juga dapat dilakukan untuk mengukur ejeksi fraksi ventrikel kiri untuk menilai disfungsi sistolik dan juga *Global Longitudinal*

Strain (GLS) untuk menilai penurunan dini fungsi sistolik ventrikel kiri. (Ponikowski *et al.*, 2016)



A shaded oval represents patient experiences with a heart failure telerehabilitation program. Shaded rectangles with rounded corners indicate the inhibiting influences of telerehabilitation. Clear rectangles represent suggestions to address inhibiting influences of telerehabilitation.

Gambar 2. 5. Solusi Terhadap Hambatan yang Memengaruhi Telerehabilitasi (Hwang *et al.*, 2016)

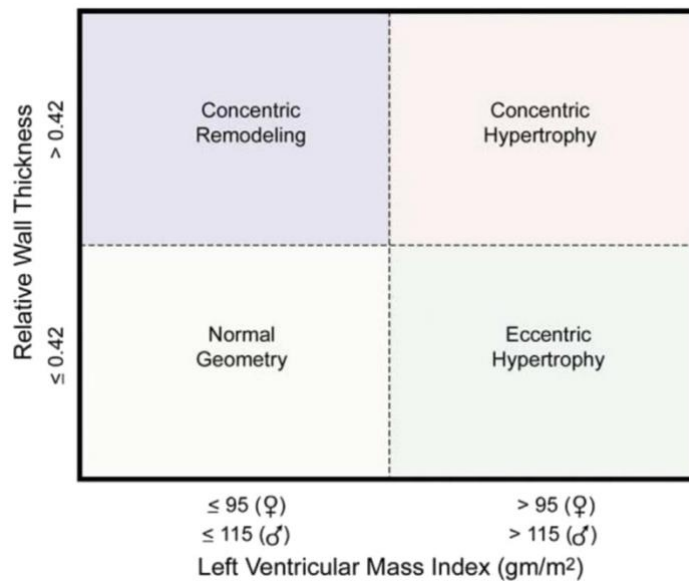
2.6.1. Left Ventricular Mass Index dan Relative Wall Thickness

Pada pasien dengan *heart failure with preserved ejection fraction* (HFpEF), miokardium ventrikel kirinya (*left ventricle*/LV) pada umumnya merespons dengan meningkatkan ketebalan radial otot, disertai dengan peningkatan deposit kolagen ekstraseluler. Hal ini menghasilkan peningkatan ketebalan dinding ventrikel kiri dan massa otot keseluruhan yang disebut sebagai hipertrofi ventrikel kiri konsentris (*concentric left ventricular hypertrophy*/LVH). Akan tetapi dalam beberapa kasus, massa LV absolut tidak meningkat secara signifikan melainkan terjadi peningkatan ketebalan dinding. Ini dikenal sebagai konsentris remodelling. Perbedaan antara kedua hal ini penting karena LVH konsentris dikaitkan dengan prognosis yang jauh lebih buruk dibandingkan dengan konsentris remodelling. Analisis gabungan dari studi epidemiologi skala besar dan studi klinis menunjukkan bahwa hampir 35% pasien dengan HFpEF memiliki LVH konsentris,

sedangkan 30% pasien menunjukkan konsentris remodelling. Pada 7-9% pasien mungkin terdapat LVH eksentrik, yang ditandai dengan peningkatan massa LV tanpa peningkatan ketebalan dinding LV yang proporsional. Geometri LV normal dijumpai pada 30% pasien yang tersisa. Pada pasien dengan *heart failure with reduced ejection fraction* (HFrEF) dijumpai miosit jantung panjang tanpa peningkatan massa LV. Didapatkan adanya nekrosis miosit dan degradasi kolagen ekstraseluler karena peningkatan aktivitas matriks metalloproteinase dan enzim serupa lainnya. Akibatnya terjadi remodelling LV eksentrik dengan peningkatan ukuran rongga LV tanpa peningkatan massa dinding LV, atau bisa didapatkan penipisan dinding LV. Selain itu LV yang membesar cenderung memiliki bentuk sferis (lebih bulat), yang memungkinkan untuk mengakomodasi volume lebih besar untuk panjang miokardium yang sama. Namun, peningkatan sferisitas LV menjadi proses maladaptif karena meningkatkan tekanan dinding, menyebabkan remodelling LV lebih lanjut, serta dikaitkan dengan klinis yang buruk. (Marwick, 2013; Mabrouk *et al.*, 2016)

Pengukuran estimasi massa LV pada ekokardiografi dilakukan dengan menggunakan metode luas wilayah. Dengan menggunakan metode 2D, indeks massa LV normal adalah ≤ 95 g/m² pada wanita dan ≤ 105 g/m² pada pria. Ketebalan dinding relatif (*relative wall thickness/RWT*) dihitung sebagai $(2 \times \text{ketebalan dinding posterior}) / (\text{diameter internal LV pada akhir diastol})$. Nilai RWT $> 0,42$ menunjukkan adanya remodelling konsentris, sedangkan nilai $\leq 0,42$ menunjukkan remodelling eksentrik. Pada pasien dengan remodelling eksentrik, sferisitas LV dapat dinilai dengan mengukur indeks sferisitas, yang dihitung dengan membagi panjang LV dengan diameter LV pada bidang apical 4-chamber, di mana nilai $\leq 1,5$ dianggap sebagai nilai abnormal. Beberapa peneliti telah menggunakan rumus terbalik yaitu diameter LV dibagi dengan panjang LV, untuk

menghitung indeks sferisitas. Dalam hal ini, nilai $\geq 0,7$ dianggap abnormal. (Mabrouk *et al.*, 2016)

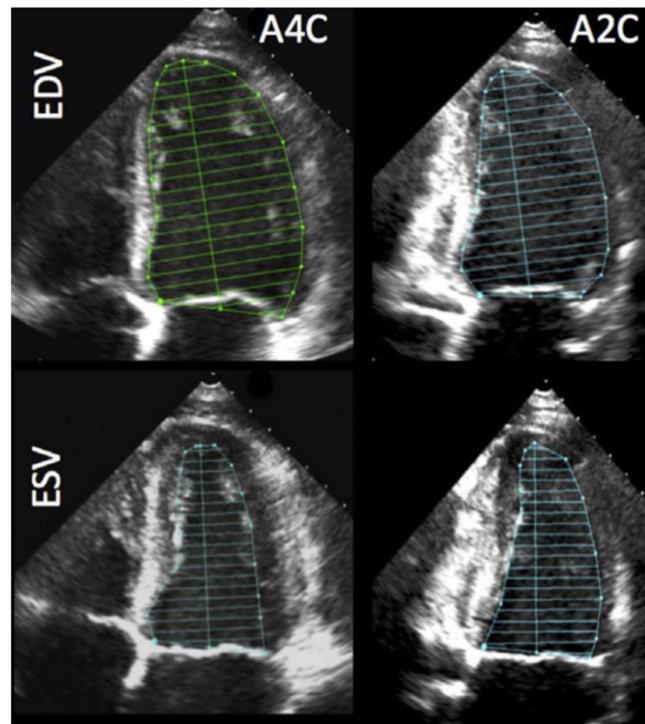


Gambar 2. 6. Klasifikasi Geometrik Hipertrofi Ventrikel Kiri Berdasarkan Indeks Massa Ventrikel Kiri dan Ketebalan Dinding Relatif (Lang et al., 2015)

2.6.2. Ejeksi Fraksi dengan Metode Simpson Biplane

Ekokardiografi merupakan modalitas noninvasif yang sering digunakan untuk menilai fraksi ejeksi ventrikel kiri (*left ventricular ejection fraction/LVEF*). Fungsi sistolik ventrikel kiri merupakan faktor prognostik dari penyakit jantung dan berperan penting dalam menentukan terapi. Meskipun metode M-mode dan 2D dapat digunakan untuk estimasi volume ventrikel kiri (*left ventricle/LV*) dan fraksi ejeksi (*ejection fraction/EF*), tetapi metode biplane Simpson adalah metode yang paling direkomendasikan. Teknik M-mode dapat digunakan untuk menilai dimensi LV, pergerakan, ketebalan dinding ventrikel, dan fraksi ejeksi. Ekokardiografi 2D sering digunakan untuk penilaian visual dan fungsi sistolik LV, baik fungsi global maupun fungsi regional. Fraksi ejeksi adalah pengukuran, yang dinyatakan sebagai persentase, jumlah darah yang dipompa ventrikel kiri pada setiap kontraksi. Perhitungan EF secara visual banyak digunakan, dan estimasi visual bermakna secara klinis namun kurang akurat pada pasien dengan *poor echo*

window serta terbatas untuk penilaian evaluasi secara serial. (Thavendiranathan *et al.*, 2013)

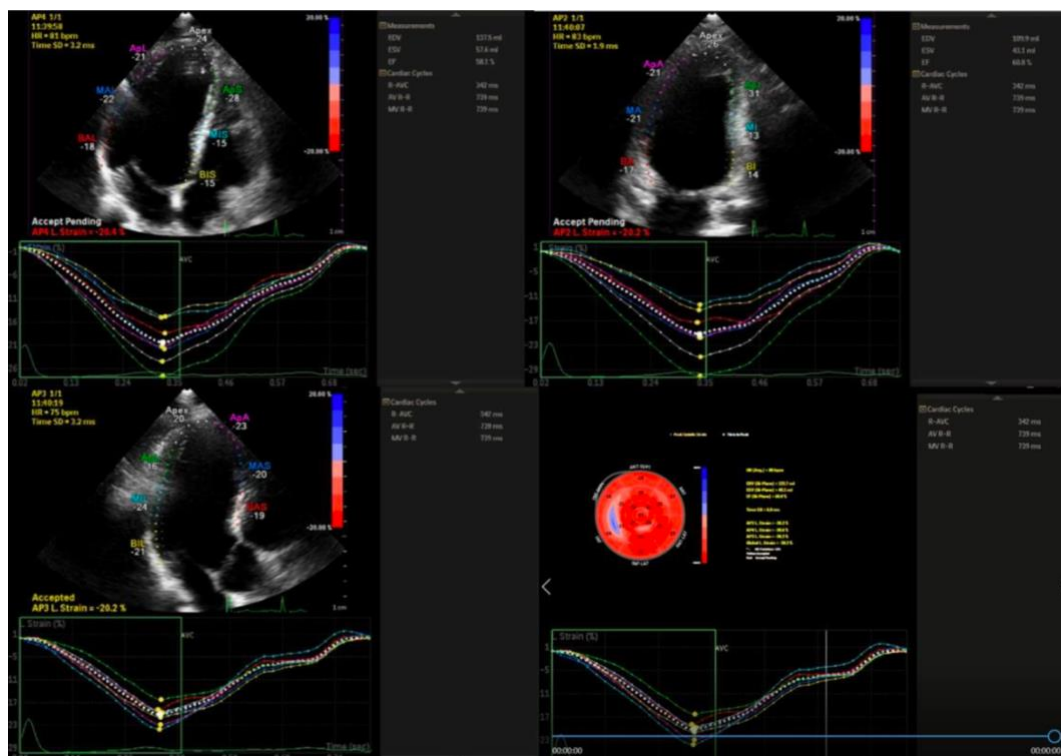


Gambar 2. 7. Pengukuran Fraksi Ejeksi dengan Metode Biplane Simpson
(Suryo, 2015)

2.6.3. Global Longitudinal Strain

Speckle-tracking echocardiography (STE) diperkenalkan kemudian sebagai teknik pencitraan deformasi miokard. STE tergantung pada sifat akustik anisotropik dari miokardium, yang disebabkan oleh adanya pola miokardium dari interferensi konstruktif-destruktif yang terlihat dalam gambar sebagai noise granular titik-titik terang dan gelap disebut noise speckle. Bintik-bintik ini adalah penanda akustik yang stabil pada gambar ultrasonografi/USG jantung yang dapat diidentifikasi baik dalam gambar 2D dan 3D untuk menghasilkan kurva deformasi miokard dalam arah yang berbeda. (Mor-avi *et al.*, 2011)

Meskipun keuntungan besar yang ditawarkan STE lebih besar dibandingkan pencitraan Doppler, namun STE juga memiliki beberapa keterbatasan. 2D-STE tergantung pada kualitas gambar; memiliki akurasi rendah akibat through plane motion; kualitas identifikasi biasanya lebih rendah di bagian distal dibandingkan dengan titik proksimal; dan frame rate yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menghasilkan identifikasi gambar yang buruk. 3D-STE bebas dari through plane motion namun memiliki resolusi temporal yang lebih rendah, kerentanan yang lebih besar terhadap kualitas gambar greyscale, dan membutuhkan tenaga ahli yang terlatih. (Mor-avi *et al.*, 2011)



Gambar 2. 8. Pengukuran Global Longitudinal Strain Menggunakan Speckle Tracking Echocardiography (Baysan *et al.*, 2019)