

**PERBANDINGAN HOSPITAL-BASED EXERCISE TRAINING DENGAN
HOME-BASED TELE-EXERCISE TRAINING TERHADAP PERUBAHAN
PARAMETER EKO KARDIOGRAFI FUNGSI DIASTOLIK VENTRIKEL KIRI
PADA PASIEN GAGAL JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN**

COMPARISON OF HOSPITAL-BASED EXERCISE TRAINING AND HOME-
BASED TELE-EXERCISE TRAINING ON LEFT VENTRICLE DIASTOLIC
FUNCTION ECHOCARDIOGRAPHY PARAMETER CHANGES IN PATIENTS
WITH HEART FAILURE REDUCED EJECTION FRACTION

TRIANI DHAMAYANTI



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI PENYAKIT JANTUNG DAN KEDOKTERAN VASKULAR
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



**PERBANDINGAN HOSPITAL-BASED EXERCISE TRAINING DENGAN
HOME-BASED TELE-EXERCISE TRAINING TERHADAP PERUBAHAN
PARAMETER EKO KARDIOGRAFI FUNGSI DIASTOLIK VENTRIKEL KIRI
PADA PASIEN GAGAL JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar spesialis
Program Studi PPDS-1 Kardiologi dan Kedokteran Vaskular

Disusun dan diajukan oleh

**TRIANI DHAMAYANTI
C165192001**

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI PENYAKIT JANTUNG DAN KEDOKTRAN VASKULAR
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



TESIS

PERBANDINGAN HOSPITAL-BASED EXERCISE TRAINING
DENGAN HOME-BASED TELE-EXERCISE TRAINING
TERHADAP PERUBAHAN PARAMETER EKO KARDIOGRAFI
FUNGSI DIASTOLIK VENTRIKEL KIRI PADA PASIEN GAGAL
JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN

TRIANI DHAMAYANTI

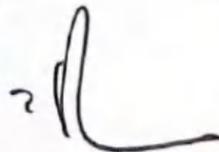
NIM: C165192001

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 8 Mei 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. dr. Peter Kabo, Ph.D, Sp.FK, Sp.JP(K)

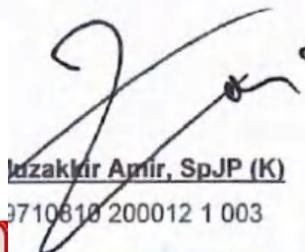
Dr. dr. Akhtar Fajar Muzakkir, Sp.JP(K)

NIP. 19500329 197612 1 001

NIP. 19820525 200812 1 003

Ketua Program Studi,

Dekan Fakultas Kedokteran,



Muzakkir Amir, SpJP (K)

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

NIP. 0710810 200012 1 003

NIP. 19680530 199603 2 001

TESIS

PERBANDINGAN HOSPITAL-BASED EXERCISE TRAINING
DENGAN HOME-BASED TELE-EXERCISE TRAINING
TERHADAP PERUBAHAN PARAMETER EKOKARDIOGRAFI
FUNGSI DIASTOLIK VENTRIKEL KIRI PADA PASIEN GAGAL
JANTUNG FRAKSI EJEKSI MENURUN

TRIANI DHAMAYANTI

NIM: C165192001

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 8 Mei 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

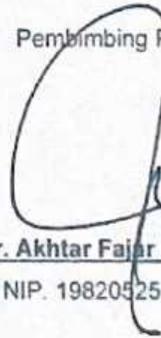
Pembimbing Utama,



Prof. dr. Peter Kabo, Ph.D, Sp.FK, Sp.JP(K)

NIP. 19500329 197612 1 001

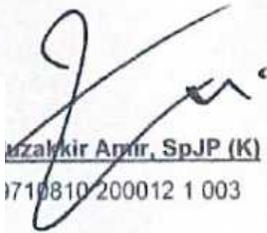
Pembimbing Pendamping,



Dr. dr. Akhtar Fajar Muzakkir, Sp.JP(K)

NIP. 19820525 200812 1 003

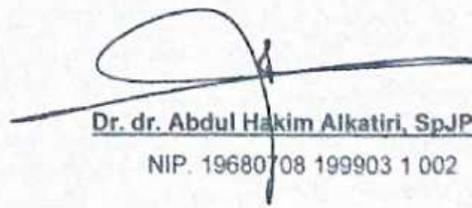
Ketua Program Studi,



Dr. dr. Akhtar Fajar Muzakkir, 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 TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Perbandingan Hospital-Based Exercise Training Dengan Home-Based Tele-Exercise Training Terhadap Perubahan Parameter Ekokardiografi Fungsi Diastolik Ventrikel Kiri Pada Pasien Gagal Jantung Fraksi Ejeksi Menurun" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. dr. Peter Kabo, PhD, SpFK, SpJP (K) sebagai Pembimbing Utama dan Dr. dr. Akhtar Fajar Muzakir, Sp.JP(K) sebagai Pembimbing Pendamping). 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 tesis ini

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Makassar, 8 Mei 2024

Yang menyetakan

Triani Damayanti
C165192001



PENETAPAN PANITIA PENGUJI

Tesis ini telah diuji dan dinilai oleh panitia penguji pada
Tanggal 8 Mei 2024

Panitia penguji Tesis berdasarkan SK Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin
No. 00807/UN4.6/KEP/2024, Tanggal 8 Mei 2024

Ketua : Prof. dr. Peter Kabo, Ph.D, Sp.FK, Sp.JP(K)

Anggota : Dr. dr. Akhtar Fajar Muzakkir, Sp.JP(K)
dr. Aussie Fitriani Ghaznawie, Sp.JP(K)
dr. Zaenab Djafar, Sp.PD, Sp.JP(K)
Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM



Ucapan Terima Kasih

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Azza Wa Jalla, 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. Peter Kabo, PhD, SpFK, SpJP (K) sebagai Pembimbing I dan Dr. dr. Akhtar Fajar Muzakkir, Sp.JP (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, dan kepada dr. Aussie Fitriani Ghaznawie, SpJP (K) atas seluruh bimbingan yang diberikan kepada penulis dalam bidang ekokardiografi serta dr. Zaenab Djafar, Sp.PD, Sp.JP(K) atas seluruh bimbingan yang diberikan kepada penulis dalam bidang rehabilitasi kardiovaskular. 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 Ilmu Penyakit Jantung dan Pembuluh Darah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K) dan Sekretaris Program Studi dr. Az Hafiz Nashar, SpJP(K) atas seluruh arahan dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama pendidikan.
2. Seluruh guru-guru kami di Departemen Kardiologi & Kedokteran Vaskular (Alm) Prof. dr. Junus Alkatiri, Sp.PD-KKV, Sp.JP(K), Prof. Dr. dr. Ali Aspar Mappahya, Sp.PD, Sp.JP(K), Dr. dr. Abdul Hakim Alkatiri, Sp.JP(K), Dr. dr. Idar Mappangara, Sp.PD, Sp.JP(K), Dr. dr. Khalid Saleh, Sp.PD-KKV, MARS, dr. Pendrik Tandean, Sp.PD-KKV, dr. Almudai, Sp.PD, Sp.JP(K), Dr. dr. Yulius Patimang, Sp.A, Sp.JP(K), dr. Andi Alief Utama Armyrn, M.Kes, Sp.KPPJB(K), dr. Fadillah Maricar, Sp.JP(K), dr. Amelia Ariendanie, Sp.JP, dr. a Palinggi, Sp.JP(K), dr. Muhammad Asrul Apris, Sp.JP(K), Dr. dr. Sumarni dr. Irmariyani Sudirman, Sp.JP(K), dr Sitti Multazam Sp.JP, dr Fritzt Alfred Sp.JP, dr. Muhammad Nuralim Mallapassi, Sp.B, Sp.BTKV(K), atas seluruh , dan bimbingan yang dicurahkan kepada penulis selama pendidikan.



3. Orang tua penulis Dr. dr. Idham Jaya Ganda, Sp.A(K) dan Suriaty Latief, S.E, M.Si, suami penulis dr. Muhammad Fahrul Usman dan saudara penulis dr. Sri Juniarty, M.Kes, Sp.A ; dr. Adhyatma Jaya Ningrat, Sp.B, Subsp.Onk ; dr. Muhammad Andy Jaya Nugraha atas seluruh pengertian, perhatian, dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama menjalani pendidikan
4. Teman sejawat rekan PPDS-1 Kardiologi dan Kedokteran Vaskular khususnya Angkatan Periode Januari 2020 (dr. Mirza, dr. Rifna, dr. Yasni, dr. Asmarani, dr. Anastasia, dr. Zulkifli, dr. Hidayat, dr. Jerico, dr.Hadi) atas kebersamaan, bantuan, dan kerja samanya selama proses pendidikan.
5. Staf administrasi Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin (Farida Haryati, Nur Hikmah Nurman, Zaliqa Dewi Andjani, Bara Kresna, Fausi Ramadhan) atas seluruh bantuan yang memudahkan penulis selama pendidikan
6. Seluruh paramedis, pegawai, dan tenaga kerja di dalam lingkup RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo khususnya di Pusat Jantung Terpadu atas bantuan yang diberikan kepada penulis selama pendidikan.
7. Seluruh pasien yang tergabung dalam komunitas Gammara' Jantungku yang telah bersedia mengikuti penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan sebagaimana mestinya.
8. 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



Triani Dhamayanti



ABSTRAK

TRIANI DHAMAYANTI. **Perbandingan Hospital-Based Exercise Training Dengan Home-Based Tele-Exercise Training Terhadap Perubahan Parameter Ekokardiografi Fungsi Diastolik Ventrikel Kiri Pada Pasien Gagal Jantung Fraksi Ejeksi Menurun** (dibimbing oleh Peter Kabo, Akhtar Fajar Muzakkir, Aussie Fitriani Ghaznawie, Zaenab Djafar, dan Andi Alfian Zainuddin)

Gagal jantung merupakan masalah kesehatan dengan angka mortalitas dan morbiditas yang signifikan baik di negara maju maupun berkembang dimana biaya pengobatannya cukup besar. Rehabilitasi kardiovaskular, yang mencakup latihan fisik, merupakan pilihan terapi yang direkomendasikan bagi individu dengan gagal jantung, namun hal ini tidak banyak digunakan dalam praktik klinis karena banyak pasien tidak memiliki akses terhadap pelatihan berbasis rumah sakit karena faktor-faktor seperti jarak, biaya, dan kesehatan yang buruk. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif terhadap gagasan telerehabilitasi yang ada saat ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan perubahan yang diamati pada parameter ekokardiografi fungsi diastolik ventrikel kiri pada pasien gagal jantung dengan fraksi ejeksi rendah. Studi ini membandingkan kelompok latihan fisik yang melakukan latihan di lingkungan rumah sakit dengan kelompok latihan olah raga yang melakukan latihan di rumah menggunakan *tele-exercise*. Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimen untuk membandingkan dua kelompok: kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Kelompok intervensi akan diberikan *tele-exercise*, sedangkan kelompok kontrol akan menjalani latihan fisik di rumah sakit. Kelompok intervensi akan terdiri dari 16 peserta, sedangkan kelompok kontrol dapat mencakup maksimal 15 peserta, sehingga total 31 peserta untuk penelitian ini. Studi ini menunjukkan perbaikan yang signifikan pada parameter ekokardiografi fungsi diastolik ventrikel kiri yaitu rasio E/A mitral dan rasio E/e' mitral pada pasien gagal jantung dengan penurunan fraksi ejeksi yang berpartisipasi dalam program pelatihan olahraga selama 6 minggu. Baik kelompok olahraga di rumah sakit maupun di rumah menunjukkan perbaikan serupa, yang menunjukkan bahwa program di rumah sama efektifnya dengan program di rumah sakit.



failure reduced ejection fraction, hospital-based exercise training, home-based exercise training, mitral E/A ratio, mitral E/e' ratio, LAVI

ABSTRACT

TRIANI DHAMAYANTI. **Comparison Of Hospital-Based Exercise Training And Home-Based Tele-Exercise Training On Left Ventricle Diastolic Function Echocardiography Parameter Changes In Patients With Heart Failure Reduced Ejection Fraction** (supervised by Peter Kabo, Akhtar Fajar Muzakkir, Aussie Fitriani Ghaznawie, Zaenab Djafar, and Andi Alfian Zainuddin)

Heart failure has significant rates of both death and illness in both developed and developing countries which cost of treatment is substantial. Cardiovascular rehabilitation, which includes physical exercise, is a recommended therapeutic option for individuals with heart failure, however it is not widely used in clinical practice because many patients lack access to hospital-based training due to factors such as distance, cost, and poor health. Hence, there is a necessity for an alternative to the current notion of telerehabilitation. The objective of this study was to determine whether there were any disparities in the alterations observed in echocardiographic parameters related to left ventricular diastolic function among heart failure patients with low ejection fraction. The study compared the exercise training group that performed exercises in a hospital setting with the exercise training group that engaged in exercises at home using tele-exercise. This study employs a quasi-experimental methodology to compare two groups: the intervention group and the control group. The intervention group will be provided with tele-exercise, whilst the control group will undergo exercise training at the hospital. The intervention group will comprise 16 participants, while the control group may encompass a maximum of 15 participants, resulting in a total of 31 participants for this study. The study demonstrates a notable enhancement in echocardiographic measures of left ventricular diastolic function (specifically, the mitral E/A ratio and mitral E/e' ratio) in heart failure patients with reduced ejection fraction who participate in a 6-week exercise training programme. Both the hospital-based and home-based exercise groups show similar improvements, indicating that the home-based programme is just as effective as the hospital-based programme.

Keywords: heart failure reduced ejection fraction, hospital-based exercise training, home-based exercise training, mitral E/A ratio, mitral E/e' ratio, LAVI



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR SINGKATAN.....	v
DAFTAR PUSTAKA.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1. Tujuan Umum.....	3
1.3.2. Tujuan Khusus.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1. Manfaat Teori.....	4
1.4.2. Manfaat Implikasi Klinik.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Gagal Jantung Fraksi Ejeksi Menurun.....	5
2.2. Intoleransi Latihan pada Pasien Gagal Jantung.....	8
2.3. Peranan Latihan Fisik Pada Gagal Jantung.....	8
2.4. Rekomendasi Latihan Fisik Pada Gagal Jantung.....	14
2.5. Hambatan Dalam Rehabilitasi Jantung.....	17
2.6. Peranan Rehabilitasi Jantung Pada Fungsi Diastolik Ventrikel Kiri.....	20
2.7. Parameter Ekokardiografi Pengukuran Fungsi Diastolik Ventrikel Kiri.....	21
BAB III KERANGKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN.....	26
3.1. Kerangka Teori.....	26
3.2. Kerangka Konsep.....	27
3.3. Hipotesis Penelitian.....	27
BAB IV METODE PENELITIAN.....	28
4.1. Design Penelitian.....	28
4.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
4.3. Populasi Penelitian.....	28
4.4. Sampel dan cara pengambilan sampel.....	28
4.5. Jumlah sampel.....	28
4.6. Kriteria inklusi, eksklusi dan drop out.....	29
4.6.1. Kriteria Inklusi.....	29
4.6.2. Kriteria Eksklusi.....	29
4.6.3. Kriteria Drop out.....	30
4.6.4. Cara Kerja.....	30
4.6.5. Objek Penelitian.....	30
4.6.6. Prosedur Penelitian.....	30
4.6.7. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	32
4.6.8. Definisi Operasional.....	32
4.6.9. Kriteria Objektif.....	33



4.9. Metode Analisis	34
4.10. Pertimbangan Etik.....	35
4.11. Kontrol Kualitas	35
4.12. Skema Alur Penelitian.....	35
BAB V Hasil Penelitian	36
5.1. Karakteristik Penelitian	36
5.2. Karakteristik Subjek Penelitian.....	36
BAB VI Pembahasan.....	46
BAB VII Penutup	50
7.1. Kesimpulan.....	50
7.2 Saran.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Algoritma diagnostik gagal jantung.....	7
Gambar 2.2: Mekanisme intoleransi latihan fisik pada gagal jantung dan efek adaptif latihan fisik.....	8
Gambar 2.3: Mekanisme efek manfaat latihan fisik dan rehabilitasi pada pasien gagal jantung.....	10
Gambar 2.4 : Manfaat latihan fisik teratur pada gagal jantung.....	14
Gambar 2.5: Gambar parameter doppler ekokardiografi pada disfungsi diastolik ventrikel kiri.....	21
Gambar 2.6 : Penilaian ekokardiografi disfungsi diastolik ventrikel kiri pada gagal jantung fraksi ejeksi menurun.....	22
Gambar 2.7: Gambaran ekokardiografi <i>transmitral inflow</i>	23
Gambar 2.8: Gambaran ekokardiografi <i>mitral tissue doppler velocity</i>	24
Gambar 2.9: Pengukuran ekokardiografi LA volume.....	25
Gambar 4.1: Exercise kit yang diberikan kepada subjek penelitian.....	31
Gambar 4.2: Logbook peserta Program “Gammara Jantungku”	31
Gambar 5.1: Grafik persentase farmakoterapi sampel penelitian	38
Gambar 5.2 : Perbandingan perubahan parameter <i>mitral E/A ratio (Pre vs. Post-exercise)</i>	43
Gambar 5.3 : Perbandingan perubahan parameter <i>e' septal dan e' lateral (Pre vs. Post-exercise)</i>	43
Gambar 5.2 : Perbandingan perubahan parameter <i>mitral E/e' ratio (Pre vs. Post-exercise)</i>	43
Gambar 5.2 : Perbandingan perubahan parameter LAVI (<i>Pre vs. Post-exercise</i>)	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Gejala dan tanda tipikal gagal jantung	5
Tabel 2.2: Klasifikasi gagal jantung	6
Tabel 2.3: Rekomendasi latihan fisik pada gagal jantung	15
Tabel 2.4: Skala BORG	16
Tabel 2.5: Dosis Optimal latihan pada pasien dengan gagal jantung kronik.....	27
Tabel 5.1: Karakteristik Demografis Subjek Penelitian Berdasarkan intervensi yang diterima	37
Tabel 5.2: Profil Klinis Subjek penelitian berdasarkan intervensi yang diterima	38
Tabel 5.3: Parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian sebelum Intervensi (Pre- Exercise)	39
Tabel 5.4: Parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian setelah Intervensi selama 6 minggu (<i>Post-Exercise</i>)	40
Tabel 5.5: Perbandingan parameter Ekokardiografi Subjek Penelitian sebelum dan setelah Intervensi.....	41
Tabel 5.6: Perbandingan Parameter Kapasitas Fungsional Subjek Penelitian Sebelum dan Setelah Intervensi (<i>Pre vs. Post-exercise</i>) berdasarkan kelompok Intervensi	42
Tabel 5.6: Perbandingan Perubahan Parameter Ekokardiografi Subjek Berdasarkan Kelompok Intervensi	43



DAFTAR SINGKATAN

2D	: 2 Dimensi
6MWD	: Six-minutes Walking Distance
6MWT	: Six-minutes Walking Test
A2C	: Apical 2 Chambers
A4C	: Apical 4 Chambers
ACC	: American College of Cardiology
ACE-i	: Angiotensin-Converting Enzyme inhibitor
AHA	: American Heart Association
ARA	: Aldosterone Receptor Antagonist
ARB	: Angiotensin Receptor Blocker
ARNI	: Angiotensin Receptor Neprilysin Inhibitor
BB	: Beta Blocker
CCB	: Calcium Channel Blocker
DT	: Deceleration Time
EAPC	: European Association of Preventive Cardiology
EF	: Ejection Fraction / Fraksi Ejeksi
ESC	: European Society of Cardiology
ESV	: End Systolic Volume
GDMT	: Guideline-Directed Medical Therapy
H ₂ O	: Hidrogen
HCTR	: Hybrid Comperehensive Telerehabilitation
HF-ACTION	: Heart Failure: A Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training
HFmrEF	: Heart Failure mid-range Ejection Fraction
HFpEF	: Heart Failure preserved Ejection Fraction
	: Heart Failure reduced Ejection Fraction
	: High-Intensity Interval Training
	: Heart Rate
	: Left Atrial Appendage



LAESV	: Left Atrial End Systolic Volume
LAVI	: Left Atrial Volume Index
LEICA	: The Leipzig Exercise Intervention in Chronic Heart Failure and Aging
LVEF	: Left Ventricle Ejection Fraction
LVH	: Left Ventricle Hypertrophy
MCE	: Moderate Continuous Exercise
NYHA	: New York Heart Association
OAD	: Obat Anti Diabetes
PNS	: Pegawai Negeri Sipil
PTM	: Penyakit Tidak Menular
PW	: Pulsed-wave
QOL	: Quality of Life
RAAS	: Renin-Angiotensin-Aldosterone System
RS	: Rumah Sakit
RSUP	: Rumah Sakit Umum Pendidikan
SD	: Sekolah Dasar
SMP	: Sekolah Menengah Pertama
SMA	: Sekolah Menengah Atas
SPSS	: Statistical Package for Social Science
TELEREH-HF	: Telerehabilitation in Heart Failure Patients
VO2 max	: Volume Oksigen maximum
WHO	: World Heart Organization



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Gagal jantung merupakan masalah kesehatan dengan angka mortalitas dan morbiditas yang tinggi di negara maju maupun negara berkembang termasuk Indonesia. Data tahun 2020 melaporkan bahwa diestimasikan sekitar 64.3 juta individu menderita gagal jantung di seluruh dunia. Menurut studi yang dilakukan Framingham, insiden tahunan pada laki-laki (per 1000 kejadian) meningkat dari 3 pada usia 50-59 tahun menjadi 27 pada usia 80-89 tahun, sementara wanita memiliki insiden gagal jantung yang relatif lebih rendah dibanding pada laki-laki. *World Health Organization (WHO)* menggambarkan bahwa meningkatnya jumlah penyakit gagal jantung di dunia, termasuk Asia diakibatkan oleh meningkatnya angka perokok, tingkat obesitas, dislipidemia, dan diabetes. 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. Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesmas) 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%). (Groenewegen, et al., 2020; Siswanto et al., 2020; 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 kardiovaskular didefinisikan sebagai intervensi yang bertujuan membantu pemulihan atau peningkatan fungsi fisik, psikologis, dan sosial setelah kejadian jantung akut atau dalam konteks penyakit kardiovaskular seperti angina atau gagal jantung). Rehabilitasi kardiovaskular terdiri dari 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 kardiovaskular 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 kardiovaskular 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 kardiovaskular kurang dimanfaatkan dalam praktik klinis. Tingkat partisipasi rehabilitasi kardiovaskular 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 & Kang, 2021)

Terlepas dari manfaat program rehabilitasi kardiovaskular, 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)

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 evaluasi efek kardiovaskular dari olahraga berdasarkan akurasi, penggunaan, dan profil keamanannya untuk pengujian berulang. Dalam menilai modalitas ini terutama digunakan untuk memberikan informasi tentang massa, dan fungsi sistolik ataupun diastolik ventrikel kiri serta kuantifikasi dinamik dan aliran. (Alhumaid *et al.*, 2022)



1.2. Rumusan Masalah

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

“Apakah terdapat perbedaan perubahan parameter ekokardiografi fungsi diastolik ventrikel kiri pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*?”

Berdasarkan pertanyaan penelitian, berikut ini beberapa sub pertanyaan penelitian:

1. Apakah terdapat perbedaan perubahan parameter *mitral inflow velocity (mitral E/A ratio)* pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*?
2. Apakah terdapat perbedaan perubahan parameter *mitral annular tissue velocity (mitral E/e' ratio)* pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*?
3. Apakah terdapat perbedaan *Left Atrial Volume Index* pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui perbedaan perubahan parameter ekokardiografi fungsi diastolik ventrikel kiri pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*?

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui perbedaan perubahan parameter *mitral inflow velocity (mitral E/A ratio)* pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*.



2. Mengetahui perbedaan perubahan parameter *mitral annular tissue velocity* (*mitral E/e' ratio*) pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*.
3. Mengetahui perbedaan perubahan *Left Atrial Volume Index* pada pasien gagal jantung fraksi ejeksi menurun di kelompok *hospital-based exercise training* dibandingkan dengan kelompok *home-based tele-exercise training*.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat teori

Penelitian ini bermanfaat mengetahui perbandingan hasil pemeriksaan ekokardiografi fungsi diastolik ventrikel kiri pada penderita gagal jantung fraksi ejeksi rendah yang menjalani program *hospital-based exercise* dan *home-based tele-exercise*.

1.4.2. Manfaat implikasi klinik

1. 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*
2. 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



Penegakan 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)

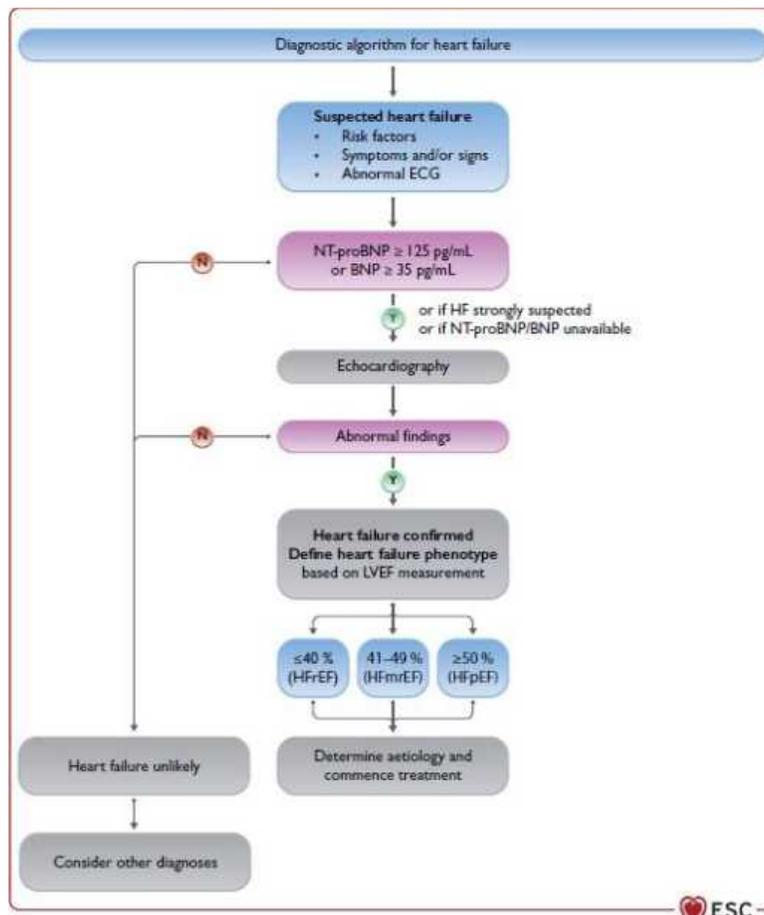
Tabel 2.2: Klasifikasi gagal jantung (Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular, 2020)

Berdasarkan kelainan struktural jantung	Berdasarkan kapasitas fungsional (NYHA)
<p>Stadium A 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 Tidak ada batasan aktivitas fisik. Aktivitas fisik sehari-hari tidak menimbulkan kelelahan, berdebar atau sesak nafas.</p>
<p>Stadium B Telah terbentuk kelainan pada struktur jantung yang berhubungan dengan perkembangan gagal jantung tapi tidak terdapat tanda atau gejala.</p>	<p>Kelas II Terdapat batasan aktivitas ringan. Tidak terdapat keluhan saat istirahat, namun aktivitas fisik sehari-hari menimbulkan kelelahan, berdebar atau sesak nafas.</p>
<p>Stadium C Gagal jantung yang simtomatik berhubungan dengan penyakit struktural jantung yang mendasari.</p>	<p>Kelas III Terdapat batasan aktivitas yang bermakna. Tidak terdapat keluhan saat istirahat, namun aktivitas fisik ringan menyebabkan kelelahan, berdebar atau sesak nafas.</p>
<p>Stadium D 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 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.

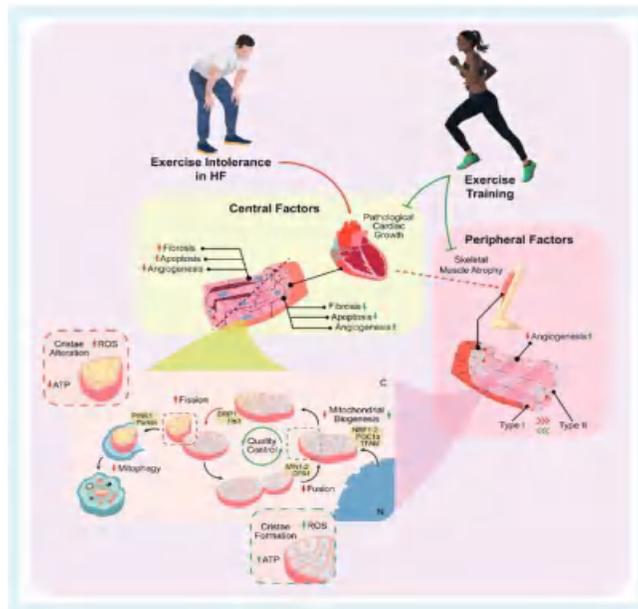


gambar 2.1: Algoritma Diagnostik Gagal Jantung (McDonagh et al., 2021)



2.2. Intoleransi Latihan pada Pasien Gagal Jantung

Intoleransi Latihan atau *exercise intolerance* didefinisikan sebagai penurunan kemampuan untuk melakukan aktivitas fisik yang melibatkan gerakan dinamis otot rangka besar karena adanya gejala dispnea atau kelelahan. *Exercise intolerance* dapat dipengaruhi oleh multifaktorial dan dapat dikaitkan dengan faktor pusat dan perifer yang mal-adaptif. Namun, latihan fisik itu sendiri juga dapat memberikan manfaat pada pasien gagal jantung (**gambar 2.2**). *Exercise intolerance* sering kali mencakup remodeling jantung patologis dan disfungsi mitokondria. Proses ini dapat diperbaiki dengan melakukan latihan fisik, yang menyebabkan efek adaptif dalam kondisi patologis di otot jantung dan otot rangka. Mekanisme yang terlibat termasuk *signalling* pertumbuhan serta kontrol kualitas mitokondria. (Nijholt et al., 2022)



Gambar 2.2: Mekanisme intoleransi latihan fisik pada gagal jantung dan efek adaptif latihan fisik (Nijholt et al., 2022)

2.3. Peranan Latihan Fisik Pada Gagal Jantung

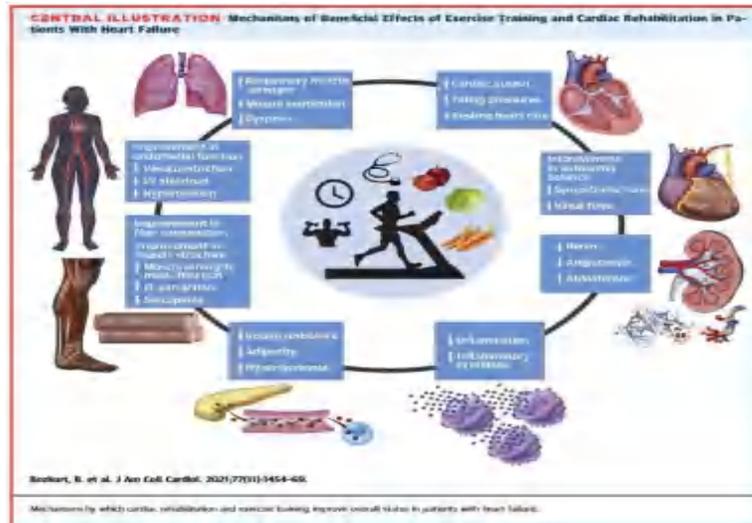
Latihan fisik pada pasien gagal jantung aman dan memiliki banyak manfaat. Dalam percobaan besar latihan fisik dan gagal jantung, latihan fisik dikaitkan dengan in mortalitas penyakit kardiovaskular atau hospitalisasi di kelompok latihan ah penyesuaian untuk faktor risiko.



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. (Bozkurt et al., 2021; Heidenreich et al., 2022)

Bukti dari uji klinis acak menunjukkan bahwa latihan fisik meningkatkan kapasitas fungsional, *exercise performance*, dan kualitas hidup pada pasien dengan HFrEF dan HFpEF. Dalam *Heart Failure: A Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training* (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 2.3: Mekanisme Efek Manfaat Latihan Fisik dan Rehabilitasi pada Pasien Gagal Jantung (Bozkurt et al., 2021)

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

a. Kapasitas fungsional

Manfaat latihan fisik pada pasien gagal jantung termasuk peningkatan *exercised tolerance* yang dinilai tidak hanya dengan durasi latihan tetapi yang lebih penting yaitu dengan volume oksigen maksimum. Perubahan volume oksigen maksimum berkisar antara 12-31%. 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 volume oksigen maksimum telah berkorelasi dengan perbaikan lain, seperti peningkatan mitokondria otot dan penurunan ventilasi.

b. Peningkatan Katekolamin

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



c. Respon Ventilasi

Gejala pada pasien dengan gagal jantung berhubungan dengan peningkatan laktat darah yang berlebihan selama tingkat latihan yang rendah, penurunan volume oksigen maksimum pada puncak latihan, dan peningkatan ventilasi yang tidak proporsional pada beban latihan sub-maksimal 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. Kapasitas fungsional

Manfaat latihan fisik pada pasien gagal jantung termasuk peningkatan *exercised tolerance* yang dinilai tidak hanya dengan durasi latihan tetapi yang lebih penting yaitu dengan volume oksigen maksimum. Perubahan volume oksigen maksimum berkisar antara 12-31%. 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 volume oksigen maksimum telah berkorelasi dengan perbaikan lain, seperti peningkatan mitokondria otot dan penurunan ventilasi.

e. Peningkatan 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 fisik, dan adanya obat modulasi aktivitas simpatik, misalnya, ACE-inhibitor atau α -adrenergik blocker.



Respon Ventilasi

Gejala pada pasien dengan gagal jantung berhubungan dengan peningkatan laktat darah yang berlebihan selama tingkat latihan yang rendah, penurunan volume oksigen maksimum pada puncak latihan, dan peningkatan ventilasi yang tidak proporsional pada beban latihan sub-maksimal 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.

g. 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.

h. Adaptasi miokard

Meskipun peningkatan kapasitas latihan 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 ejeksi fraksi. Perbaikan volume oksigen maksimum 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 volume oksigen maksimum 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.

i. Disfungsi diastolik dan Latihan fisik



fungsi diastolik yang terisolasi (yaitu, gagal jantung dengan fungsi sistolik sekarang diakui sebagai penyebab umum gagal jantung dan dispnea saat istirahat). Namun, tidak ada uji klinis yang memadai dengan titik akhir hasil yang sesuai, seperti peningkatan umur panjang, penurunan gejala, atau peningkatan kualitas hidup, yang secara definitif membuktikan manfaat latihan fisik pada pasien dengan disfungsi

diastolik terisolasi dan fungsi sistolik normal.

j. Penuaan

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

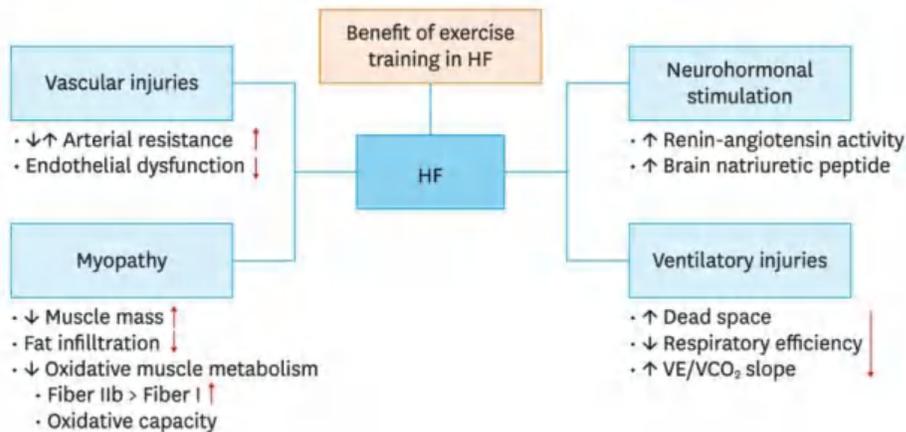
k. Reversal Hipertrofi Patologis dengan Latihan Fisik

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.

l. 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 2.4 : Manfaat dari Latihan Fisik Teratur pada Gagal Jantung (Chunand Kang, 2021)

2.4. 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. 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. (Pelliccia et al., 2021)

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 rekreasi dengan intensitas rendah hingga sedang dapat dilaksanakan secara paralel dengan program latihan fisik terstruktur. Ketika intensitas latihan maksimal harus dipantau misalnya, dengan monitoring. Jika pemantauan tidak menunjukkan adanya aritmia akibat latihan fisik lainnya, maka semua jenis latihan fisik rekreasi diperbolehkan.



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, 2013³²	
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, 2017³⁴	
	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, 2016³³	
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.

Berikut ini adalah ringkasan bagaimana latihan fisik diresepkan dengan memperhatikan komponen berikut: (Bozkurt et al., 2021; Radi et al., 2019)

a). Latihan Fisik Aerobik / Endurance Exercise

Latihan aerobik direkomendasikan pada pasien stabil berdasarkan klasifikasi *New York Heart Association* (NYHA) Class I-III karena hal ini menunjukkan efikasi dan keamanan yang baik. Pada pasien 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 VO₂peak), 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% VO₂peak, dan jika ditoleransi, hingga 85% VO₂peak

ujuan utama. Saat ini, program latihan interval intensitas tinggi atau *high-interval training* (HIIT) telah dipertimbangkan sebagai modalitas latihan untuk pasien risiko rendah. Meta-analisis terbaru menunjukkan bahwa HIIT gul daripada *Moderate continuous exercise* (MCE) dalam meningkatkan VO pada individu dengan HFrEF (EF<40%) dalam jangka pendek. Namun,



keunggulan ini menghilang dalam analisis sub-kelompok protokol isokalori. Program HITT 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*.

b). Resistance exercise

Resistance exercise dapat melengkapi latihan tetapi tidak menggantikan latihan aerobik karena latihan ini mengembalikan kehilangan massa otot rangka dan dekondisi tanpa stres 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 3). 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.

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



c). Latihan Pernapasan (*inspiratory muscle training*)

Inspiratory muscle training meningkatkan VO₂peak, mengurangi sesak napas, 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 ₂ peak	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

2.5. Hambatan Dalam Rehabilitasi Jantung

Program rehabilitasi kardiovaskular terbagi dalam dua bentuk: rehabilitasi kardiovaskular berbasis rumah sakit dan rehabilitasi kardiovaskular berbasis rumah.

Terlepas dari manfaat program rehabilitasi kardiovaskular, banyak pasien tidak memiliki



pelatihan berbasis rumah sakit karena faktor jarak tempuh, biaya, dan lingkungan yang buruk. Untuk mengatasi masalah ini, tele-rehabilitasi berbasis rumah

sakit dapat mengatasi hambatan dan meningkatkan kepatuhan rehabilitasi

kardiovaskular karena kemudahan dan aksesibilitasnya. Program *tele-exercise* atau

latihan fisik berbasis rumah dapat menjadi metode alternatif yang dapat diterima untuk pasien. (Hwang et al., 2016)

Implementasi teknologi informasi dan komunikasi di bidang kedokteran, yang dikenal dengan *tele-medicine*, merupakan alternatif yang layak untuk rehabilitasi kardiovaskular. Tele-rehabilitasi adalah pemberian layanan rehabilitasi jarak jauh melalui teknologi telekomunikasi, seperti telepon, internet, dan konferensi video. Latihan fisik disampaikan menggunakan telepon, email, dan sumber daya platform berbasis web. Tele-medicine di Indonesia sudah diterapkan dan diatur dalam Permenkes No. 20 Tahun 2019. (Sari & Wijaya, 2021)

Terdapat beberapa negara yang telah menerapkan telerehabilitasi. Sebanyak 52% pusat rehabilitasi di Belgia telah menyediakan program rehabilitasi kardiovaskular 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%).(Hwang et al., 2017)

Beberapa penelitian telah dilakukan pada telerehabilitasi jantung, dan 65% dari studi ini sebagian besar berfokus pada intervensi berbasis telepon. Studi oleh Hwang dkk menggunakan intervensi berbasis video dan berbagai komponen inti rehabilitasi kardiovaskular. Telerehabilitasi berbasis video adalah pendekatan baru yang memungkinkan pasien untuk berolahraga dalam kenyamanan rumah mereka, sambil mempertahankan komunikasi real-time dengan profesional perawatan kesehatan. Misalnya, pasien dapat mendemonstrasikan bagaimana mereka telah melakukan latihan dan fisioterapis dapat memantau keakuratan latihan yang dilakukan, memodifikasi dan mengembangkannya melalui demonstrasi praktis. Modalitas ini dapat membantu meningkatkan akses bagi mereka yang memiliki hambatan perjalanan atau biaya, sambil berolahraga di bawah pengawasan. Penelitian uji acak Hwang dkk tahun 2017 di Brisbane pada 53 pasien gagal jantung kronis yang stabil (HFrEF atau HFpEF) menunjukkan bahwa telerehabilitasi tidak inferior terhadap program rehabilitasi berbasis rawat jalan di rumah sakit pada pasien gagal jantung

elerehabilitasi dapat menjadi alternatif yang dengan tingkat kehadiran yang ar pada sesi rehabilitasi. (Hwang et al., 2016)

ji klinis acak *Telerehabilitation in Heart Failure Patients* (TELEREH-HF) oleh z dkk, tahun 2015-2017 di 5 pusat rehabilitasi di Polandia menyelidiki telerehabilitation *hybrid* komprehensif atau *Hybrid comprehensive*



telerehabilitation (HCTR) yang terdiri dari *telecare* (dengan *telesupport* psikologis), telerehabilitasi 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)

Pengaruh motivasi untuk berpartisipasi dalam program telerehabilitasi termasuk peningkatan hasil kesehatan, akses ke perawatan, dan dukungan sosial. Para peserta melaporkan hasil seperti peningkatan kekuatan, peningkatan suasana hati dan keseimbangan, pengurangan gejala, kembali ke aktivitas sehari-hari dan penurunan readmisi di rumah sakit. Pengaruh motivasi utama yang dilaporkan oleh semua peserta adalah akses ke perawatan dengan transportasi yang berkurang. Lebih khusus lagi, peserta menyukai kemudahan program, karena tidak ada biaya transportasi dan waktu tempuh. Pengaruh motivasi lainnya adalah menerima dukungan sosial dari keluarga, peserta lain dan dokter. Para peserta juga menggambarkan program telerehabilitasi yang mudah diakses, aman dan terstruktur yang memfasilitasi kepatuhan program. Menariknya, banyak peserta juga merasa aman selama program telerehabilitasi, karena mereka diawasi langsung di lingkungan rumah yang santai. Misalnya, dokter yang berlokasi jauh dapat melihat serta anggota keluarga yang berada bersama ketika peserta mulai lelah dan memodifikasi latihan yang sesuai. Pengawasan dan program terstruktur ini memfasilitasi komitmen program dan dengan demikian meningkatkan kepatuhan. (Hwang et al., 2016)

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 optimal, mereka tetap berkomitmen pada program karena mereka tetap yakin bahwa hasil kesehatan dan kenyamanan lebih besar daripada masalah teknis. (Hwang et al., 2016)



2.6. Peranan Rehabilitasi Jantung Pada Fungsi Diastolik Ventrikel Kiri

Gagal jantung saat ini dianggap sebagai sindrom patofisiologis dari penyebab multifaktorial. Telah dikenali bahwa disfungsi diastolik merupakan kondisi yang sangat lazim pada pasien HfrEF dengan prevalensi sekitar 78%. Pasien HfrEF memiliki penurunan kemampuan untuk augmentasi relaksasi diastolik yang bertanggung jawab atas ketidakmampuan untuk mengakomodasi peningkatan estimasi *preload* saat latihan, sehingga menyebabkan tekanan pengisian yang lebih tinggi. Selain itu, pasien gagal jantung umumnya memiliki periode diastolik yang lebih singkat sehingga menyebabkan ketidakmampuan miokardium untuk relaksasi maksimal dan menerima volume darah yang lebih besar. (Chaveles et al., 2021)

Pada konteks klinis HfrEF, disfungsi diastolik diketahui merupakan prediktor penting dari peningkatan mortalitas dan penurunan kapasitas latihan : sejumlah studi telah melaporkan relevansi prognostik dari parameter fungsi diastolik dengan metode Doppler (*E velocity, E/A ratio*) pada pasien HfrEF. Temuan ini diperkuat dengan pengukuran parameter Doppler lainnya seperti penurunan *e'* dan peningkatan *E/e'* *ratio*. Disfungsi diastolik ventrikel kiri dipengaruhi oleh sejumlah faktor klinis antara lain usia, hipertensi, diabetes mellitus, dan obesitas. Hingga saat ini belum ada strategi terapi yang ditetapkan untuk memperbaiki disfungsi diastolik pada HfrEF. Studi klinis acak mengonfirmasi adanya *training-induced reverse remodelling* pada pasien HfrEF setelah latihan aerobik selama 3-6 bulan, dan sebuah studi Doppler kecil mengindikasikan perbaikan fungsi diastolik pada HfrEF dapat dicapai dengan *endurance training* selama 2 bulan. Studi *The Leipzig Exercise Intervention in Chronic Heart Failure and Aging* (LEICA) menemukan adanya perbaikan fungsi diastolik pada pasien HfrEF yang diukur dengan parameter ekokardiografi peningkatan *e'* septal dan penurunan rasio *E/e'* dengan kesimpulan bahwa perbaikan relaksasi aktif dan *compliance* pasif ventrikel kiri dengan *aerobic exercise training* selama 4 minggu. (Sandri, et al., 2012)

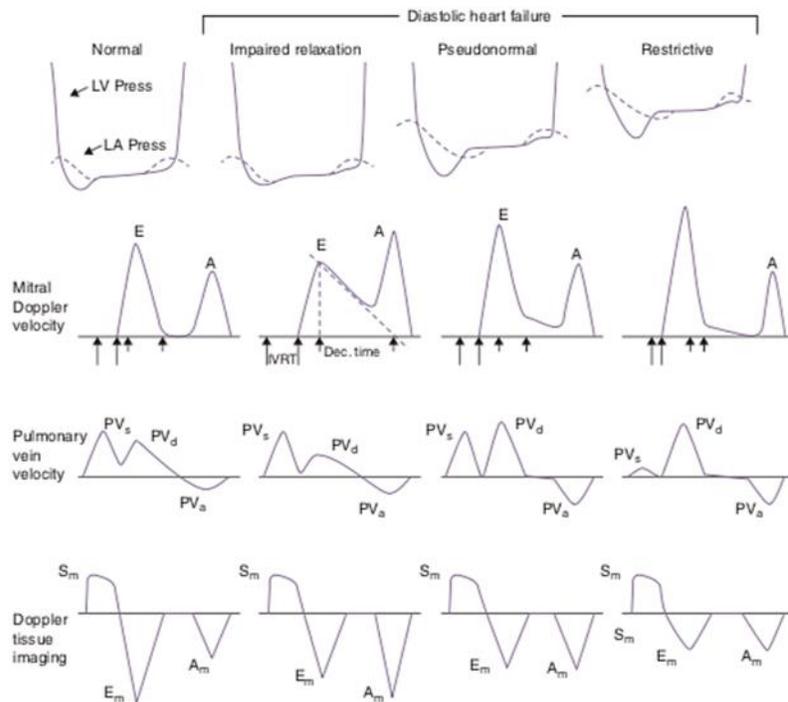
Ketidakmampuan pasien untuk melakukan latihan tanpa rasa ketidaknyamanan mungkin dapat menjadi gejala awal yang dirasakan pasien gagal

Jantung. Oleh karena itu, latihan fisik memiliki makna yang penting dalam rehabilitasi dengan rekomendasi kelas Ia dalam perbaikan kapasitas fungsional dan (Chaveles et al., 2021)



2.7. Parameter Ekokardiografi Pengukuran Fungsi Diastolik Ventrikel Kiri

Pengukuran tekanan pengisian ventrikel kiri dapat dilakukan secara invasif maupun non-invasif. Pengukuran dengan kateterisasi jantung dapat memberikan data riil mengenai tekanan pengisian. Namun berbagai studi telah menemukan korelasi yang sangat kuat dari hasil perkiraan tekanan pengisian yang didapatkan dari metode non-invasif dalam hal ini berupa pemeriksaan ekokardiografi doppler dengan hasil temuan pada kateterisasi. Berbagai tingkat tekanan pengisian yang terjadi pada berbagai tingkat keparahan disfungsi diastolik ventrikel kiri akan memberikan gambaran pola gelombang yang berbeda pada pemeriksaan ekokardiografi doppler. (Andersen et al., 2017)



Gambar 2.5 : Pola gambaran parameter ekokardiografi doppler pada berbagai tingkat disfungsi diastolik ventrikel kiri. (Andersen, et al., 2017)

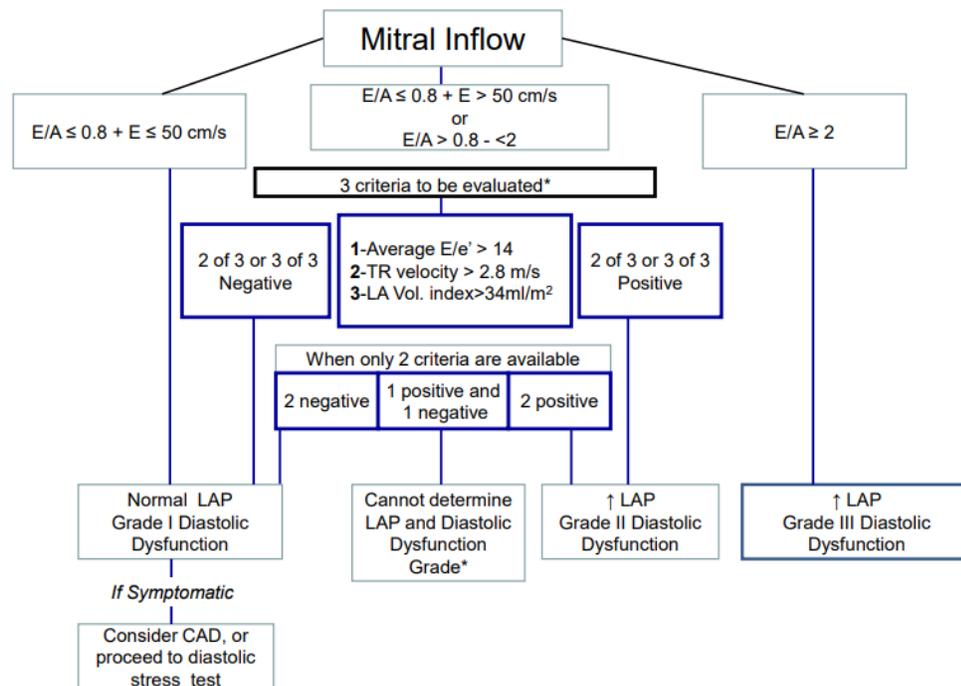


Parameter yang umum digunakan dalam mengevaluasi fungsi diastolik dari kiri adalah pengukuran berbasis doppler pada ekokardiografi, yaitu *Mitral attern*, *Mitral Annular Tissue Velocity*, *Pulmonary Vein Doppler*, dan *ion Velocity* serta yang berbasis non-doppler, yaitu berupa *Left Atrial*

Dari berbagai parameter - parameter berbasis doppler tersebut, berbagai studi menunjukkan bahwa *mitral inflow pattern* dan *mitral annular velocity* yang terbukti sebagai faktor prognostik dalam penyakit gagal jantung. (Al Jaroudi et al., 2014).

Left Atrial Volume Index juga seringkali diteliti sebagai prediktor prognosis pada gagal jantung, namun parameter ini mewakili keadaan jangka panjang (*long term*) dari peningkatan tekanan pengisian ventrikel kiri. (Nagueh et al., 2016) Hal ini menjadikan parameter ini bersifat kurang dinamis dibandingkan *mitral inflow pattern* dan *mitral annular tissue velocity* terhadap perubahan tekanan pengisian ventrikel kiri yang bersifat dinamis. (Aljaroudi et al., 2014)

Gambar 2.6 menjelaskan mengenai penilaian derajat fungsi diastolik ventrikel kiri menggunakan kombinasi parameter ekokardiografi yaitu dengan *mitral inflow velocity* (rasio E/A), *average E/e'*, *tricuspid regurgitation velocity* dan *left atrium volume index* (LAVI) yang kemudian diklasifikasikan menjadi *Grade I LV diastolic dysfunction*, *Grade II LV diastolic dysfunction* dan *Grade III LV diastolic dysfunction*.

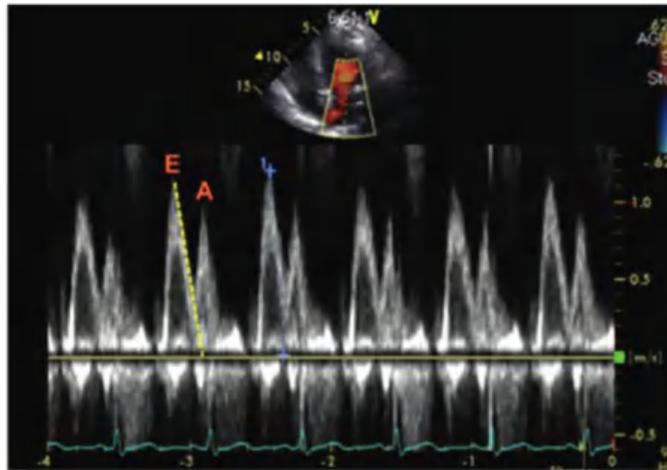


ir 2.6 : Penilaian ekokardiografi disfungsi diastolik ventrikel kiri pada gagal jantung fraksi ejeksi menurun. (Nagueh, et al., 2016)



a) Mitral Inflow Velocity

Pengukuran doppler pada katup mitral memberikan informasi mengenai kecepatan aliran darah yang melewati katup mitral dan masuk ke ventrikel kiri. Kecepatan ini merupakan hasil dari interaksi antara perbedaan tekanan pada katup mitral, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai status pengisian pada ventrikel kiri. Dengan menggunakan *mode* PW doppler pada ekokardiografi yang diarahkan pada ujung katup mitral pada tampilan A4C, maka didapatkan gambaran gelombang *early diastole* (E), gelombang *atrial contraction* (A), dan *deceleration time* (DT).



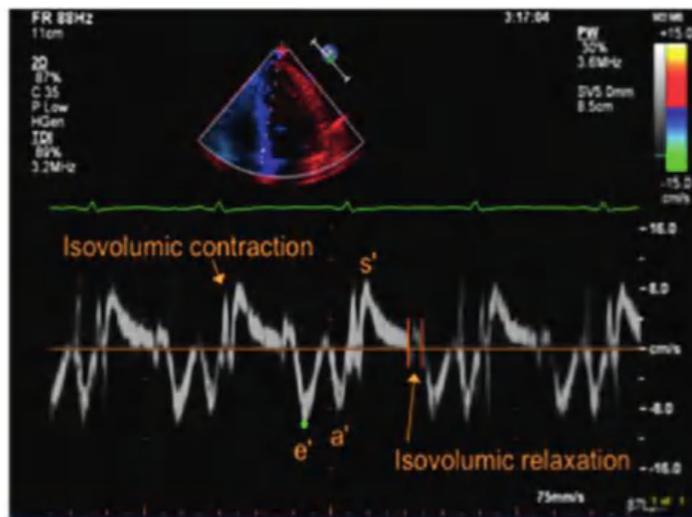
Gambar 2.7 : Gambaran *transmitral inflow* menunjukkan gelombang *early* (E) dan gelombang atrial (A) menggunakan PW doppler di tip *mitral leaflet* pada *A4C view*. Garis putus-putus : *E-deceleration time* (DT). (Sumeet, et al., 2017)

b) Mitral Annular Tissue Velocity

Pergerakan jaringan anulus katup mitral pada fase diastolik dapat memberikan informasi mengenai fungsi relaksasi ventrikel kiri secara independen terhadap status preload dari ventrikel kiri. Hal ini karena pergerakan relaksasi dari ventrikel kiri akan diteruskan sebagai pergerakan pada anulus katup mitral, sehingga dengan mengukur pergerakan pada anulus katup mitral, fungsi dan pergeseran kiri saat relaksasi dapat dievaluasi.



Pengukuran *Mitral Annular Tissue Velocity* dapat dilakukan dengan menggunakan mode PW doppler pada mesin ekokardiografi, dengan menempatkan sample volume pada anulus katup mitral bagian medial dan juga lateral. Metode ini akan memberikan gambaran berupa gelombang kecepatan pergerakan anulus mitral saat sistolik (*Systolic velocity / s'*), pergerakan anulus mitral saat awal diastolik (*early diastolic velocity / e'*), dan saat akhir sistolik (*late diastolic velocity / a'*). (**Gambar 2.8**) Rasio antara E/e' berkorelasi kuat dengan tekanan pengisian ventrikel kiri, di mana peningkatan rasio E/e' menggambarkan tekanan pengisian yang tinggi.



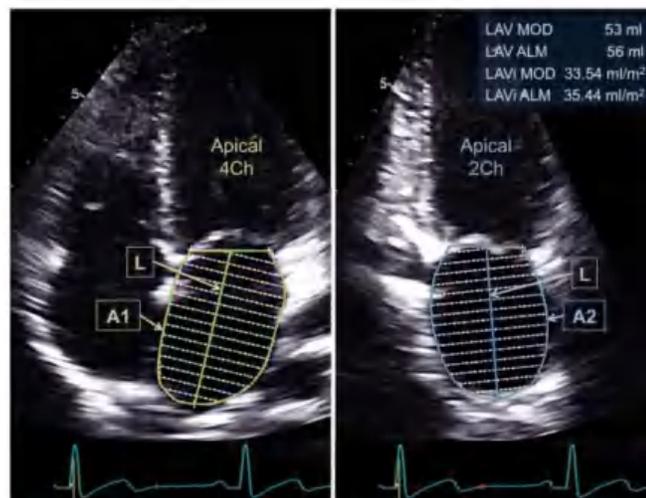
Gambar 2.8 : Gambaran *pulsed-wave tissue doppler velocity* pada mitral annulus lateral menunjukkan komponen *early diastolic (e')*, *late/atrial diastolic (a')*, *systolic tissue velocity (s')* (Sumeet, et al., 2017)

c) Left Atrial Volume Index

LA volume mencerminkan efek kumulatif peningkatan tekanan pengisian ventrikel kiri dari waktu ke waktu. Melalui pengukuran LA volume dan indeksinya dengan *body surface area* (BSA), dapat menyediakan informasi mengenai tekanan pengisian ventrikel kiri. Seiring meningkatnya pengisian ventrikel kiri secara progresif maka LA volume akan semakin peningkatan. Oleh karena itu peningkatan ukuran LAVI akan tanda peningkatan tekanan LA. *Cut-off* nilai abnormal LAVI adalah >



Volume maksimum LA diukur pada fase *end ventricular systole* (frame terakhir sebelum katup mitral terbuka) pada *apical four chambers* dan *apical two chambers view*. Saat melakukan *tracing* dari endokardium LA, *LA appendage* dan ostium vena pulmonalis harus dieksklusi dengan mitral annulus sebagai batas atrioventricular. Panjang LA diukur dari tengah bidang mitral annulus ke dinding posterior. Volume LA merupakan prediktor independen *heart failure*, atrial fibrilasi dan stroke iskemik. (Nagueh *et al.*, 2016)



Gambar 2.9 : Pengukuran LA volume pada fase *end ventricular systolic* pada A4C dan A2C view (Nagueh, et al., 2016)

