

**HUBUNGAN ANTARA INDEKS MACRUZ BERDASARKAN
ELEKTROKARDIOGRAFI DENGAN NILAI LEFT ATRIUM
VOLUME INDEX PADA PASIEN GAGAL JANTUNG
KRONIS DI RS MITRA MEDIKA AMPLAS**

SKRIPSI



Oleh:

MUHAMMAD LUTFI

2208260252

**FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

**HUBUNGAN ANTARA INDEKS MACRUZ BERDASARKAN
ELEKTROKARDIOGRAFI DENGAN NILAI LEFT ATRIUM
VOLUME INDEX PADA PASIEN GAGAL JANTUNG
KRONIS DI RS MITRA MEDIKA AMPLAS**

**Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh kelulusan Sarjana Kedokteran**



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Oleh:

Muhammad Lutfi

2208260252

**FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Lutfi

NPM : 2208260252

Judul Skripsi : HUBUNGAN ANTARA INDEKS MACRUZ
BERDASARKAN ELEKTROKARDIOGRAFI DENGAN NILAI
LEFT ATRIUM VOLUME INDEX PADA PASIEN GAGAL
JANTUNG KRONIS DI RS MITRA MEDIKA AMPLAS

Demikianlah pernyataan ini saya perbuat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 6 Januari 2026



Muhammad Lutfi



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
Jalan Gedung Arca No. 53 Medan 20217 Telp. (061) 7350163 – 7333162 Ext.
20 Fax. (061) 7363488
Website : fk@umsu.ac.id



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Lutfi
NPM : 2208260252
Judul : Hubungan antara Indeks Macruz Berdasarkan Elektrokardiografi dengan Nilai Left Atrium Volume Index pada Pasien Gagal Jantung Kronis di RS Mitra Medika Amplas

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

DEWAN PENGUJI
Pembimbing,


(dr. Ahmad Handayani, M.Ked(Cardio), Sp.JP)

Penguji I


(dr. Sheila Dhiene Putri, M. Ked(Cardio), Sp.JP)

Penguji II


(dr. Des Suryani, M. Biomed)

Mengetahui,




(dr. Siti Mashana Siregar, Sp.THT-KL., Subsp.Rino(K))
NIDN: 0106098201

Ketua Program Studi
Pendidikan Dokter
FKIK UMSU


(dr. Desi Isnayanti, M.Pd.Ked)
NIDN: 0112098605

Ditetapkan di : Medan
Tanggal : 6 Januari 2026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Hubungan antara Indeks Macruz Berdasarkan Elektrokardiografi dengan Nilai Left Atrium Volume Index pada Pasien Gagal Jantung Kronis di RS Mitra Medika Amplas”. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran pada Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaian karya tulis ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, doa, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, sebagai institusi pendidikan yang telah memberikan pembinaan akademik, lingkungan ilmiah, serta fasilitas pendidikan yang menunjang proses pembelajaran dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Ibu dr. Siti Masliana Siregar, Sp.THT-KL(K), Subsp. Rhinologi, selaku Dekan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas segala dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses pendidikan.
3. Bapak dr. Ahmad Handayani, M.Ked(Cardio), Sp.JP, selaku Dosen Pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.

4. Ibu dr. Sheila Dhiene Putri, M.Ked(Cardio), Sp.JP, selaku Dosen Penguji I, atas saran, kritik, dan masukan yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
5. Ibu dr. Des Suryani, M.Biomed, selaku Dosen Penguji II, atas masukan dan evaluasi yang diberikan kepada penulis.
6. Kedua orang tua penulis tercinta, Tamimi Usman dan Nurlaili Piliang, atas doa yang tidak pernah putus, kasih sayang, pengorbanan, serta dukungan moral dan materi yang tak ternilai selama penulis menempuh pendidikan.
7. Saudara-saudara penulis, Ainul Mardiah, Miftah Farid, dan Fadlan Al Khairi, yang senantiasa memberikan semangat, doa, dan dukungan kepada penulis.
8. Ibu dr. Hervina, Sp.KK, selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA), yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa pendidikan penulis.
9. Bapak Dr. H. Sjahrial R. Anas, MHA, selaku Direktur Utama RS Mitra Medika Amplas, yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
10. Rekan-rekan penulis dalam penelitian ini, Rafli, Yunia, dan Nazwa, atas kerja sama, bantuan, serta kebersamaan selama proses pengambilan data.
11. Rekan-rekan Tim Bantuan Medis (TBM) FK UMSU, atas kebersamaan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama proses pendidikan dan penyusunan skripsi.
12. Rekan-rekan yang telah kebersamai proses penulisan skripsi ini, Tika, Imam, Wira, Rafli, Tegar Rahmat, Jandika, Rido, Yogi, Zulfan, Sabil, dan Rasyid, atas dukungan, semangat, dan kebersamaan yang sangat berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kedokteran dan kardiologi.

Medan, 6 Januari 2026



Muhammad Lutfi

2208260252

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Lutfi

NPM : 2208260252

Fakultas : Kedokteran

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas skripsi saya yang berjudul : Hubungan Antara Indeks Macruz Berdasarkan Elektrokardiografi Dengan Nilai Left Atrium Volume Index Pada Pasien Gagal Jantung Kronis Di Rs Mitra Medika Amplas. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusi ini Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap tercantum nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Medan

Pada tanggal : 6 Januari 2026

Penulis,



Muhammad Lutfi

2208260252

ABSTRAK

Latar Belakang: Gagal jantung kronis merupakan penyakit kardiovaskular dengan morbiditas dan mortalitas tinggi. Pembesaran atrium kiri berperan penting dalam prognosis pasien dan dinilai secara akurat menggunakan Left Atrium Volume Index (LAVI) melalui ekokardiografi, namun keterbatasan fasilitas menjadi kendala. Indeks Macruz dari pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) berpotensi sebagai metode skrining sederhana. **Metode:** Penelitian analitik korelasional dengan desain *cross sectional* ini melibatkan 39 pasien gagal jantung kronis di RS Mitra Medika Amplas. Indeks Macruz diperoleh dari EKG 12 sadapan dan LAVI dari pemeriksaan ekokardiografi. Analisis dilakukan menggunakan uji Fisher's Exact Test, uji korelasi Spearman, serta uji sensitivitas dan spesifisitas, dengan $p < 0,05$. **Hasil:** Sebagian besar responden memiliki Indeks Macruz normal (59%) dan LAVI normal (84,6%). Tidak terdapat hubungan bermakna antara Indeks Macruz dan LAVI ($p > 0,05$). Indeks Macruz menunjukkan sensitivitas 16,7% dan spesifisitas 54,5% dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri. **Kesimpulan:** Indeks Macruz tidak berhubungan secara signifikan dengan LAVI dan memiliki sensitivitas rendah, sehingga belum dapat digunakan sebagai indikator awal yang andal untuk mendeteksi pembesaran atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis.

Kata kunci: Indeks Macruz, Elektrokardiografi, LAVI, Gagal Jantung Kronis.

ABSTRACT

Introduction: Chronic heart failure is a cardiovascular disease with high morbidity and mortality. Left atrial enlargement plays an important role in disease progression and prognosis. Left Atrial Volume Index (LAVI) is an accurate echocardiographic parameter for assessing left atrial enlargement; however, limited access to echocardiography remains a challenge in some healthcare settings. The Macruz Index obtained from electrocardiography (ECG) has been proposed as a simple screening tool. **Methods:** This analytic correlational study with a cross-sectional design included 39 patients with chronic heart failure at Mitra Medika Amplas Hospital. The Macruz Index was obtained from 12-lead ECG recordings, while LAVI was measured using echocardiography. Data were analyzed using Fisher's Exact Test, Spearman correlation, and diagnostic accuracy analysis including sensitivity and specificity, with a significance level of $p < 0.05$. **Results:** Most patients had a normal Macruz Index (59%) and normal LAVI (84.6%). There was no significant association between the Macruz Index and LAVI ($p > 0.05$). The Macruz Index demonstrated low sensitivity (16.7%) and moderate specificity (54.5%) for detecting left atrial enlargement. **Conclusion:** The Macruz Index is not significantly associated with LAVI and shows low sensitivity, indicating that it cannot be reliably used as an early indicator of left atrial enlargement in patients with chronic heart failure.

Keywords:

Macruz Index, Electrocardiography, Left Atrial Volume Index, LAVI, Chronic Heart Failure.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
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 Bagi Peneliti.....	4
1.4.2. Manfaat Bagi Masyarakat	4
1.4.3. Manfaat Bagi Akademis.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Gagal Jantung.....	6
2.1.1. Definisi Gagal Jantung.....	6
2.1.2. Definisi Gagal Jantung Kronis	6

2.1.3. Faktor Resiko Gagal Jantung	6
2.1.4. Klasifikasi Gagal Jantung.....	7
2.1.5. Patofisiologi Gagal Jantung	8
2.1.6. Diagnosis Gagal Jantung.....	10
2.2. Indeks Macruz	12
2.2.1. Definisi Indeks Macruz	12
2.2.2. Metode Perhitungan Indeks Macruz	12
2.2.3. Signifikansi Klinis dan Keterbatasan Indeks Macruz	13
2.2.4. Relevansi Indeks Macruz dalam Gagal Jantung Kronis	14
2.3. Left Atrium Volume Index (LAVI).....	15
2.3.1. Definisi LAVI	15
2.3.2. Nilai Normal dan Abnormal LAVI	15
2.3.3. Keterkaitan LAVI dengan Prognosis Gagal Jantung	16
2.3.4. Metode Perhitungan LAVI.....	17
2.4. Gagal Jantung dan Perubahan Struktural Jantung	18
2.5. Hubungan Indeks Macruz dan LAVI dalam Gagal Jantung	21
2.6. Kerangka Teori.....	23
2.7. Kerangka Konsep	24
2.8. Hipotesis.....	24
BAB III METODE RISET	25
3.1. Definisi Operasional	25
3.2. Jenis Penelitian	26
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3.1 Tempat Penelitian	26
3.3.2 Waktu Penelitian.....	26
3.4 Populasi dan Sampel Penelitian	26
3.4.1 Populasi Penelitian	26

3.4.2 Sampel Penelitian	27
3.4.3 Besar Sampel	27
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.6. Pengolahan dan Analisis Data	30
3.6.1. Pengolahan Data	30
3.6.2 Analisis Data	31
3.7 Alur Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Hasil Penelitian.....	35
4.1.1. Analisis Univariat	35
4.1.2. Analisis Bivariat	39
4.1.3. Uji Sensitivitas dan Spesifisitas	41
4.2. Pembahasan.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikas Gagal Jantung Menurut NYHA.....	7
Tabel 2. 2 Klasifikasi Gagal Jantung Menurut AHA/ACC.....	8
Tabel 2. 3 Gejala dan Tanda Gagal Jantung.....	10
Tabel 3. 1 Definisi Operasional.....	25
Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi Usia, Jenis Kelamin.....	35
Tabel 4. 2 Uji Normalitas Usia.....	36
Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Hipertensi, Diabetes Mellitus, Riwayat PCI, Riwayat CABG, Riwayat Stroke, dan Riwayat Tiroid	36
Tabel 4. 4 Distribusi Frekuensi Indeks Macruz.....	38
Tabel 4. 5 Distribusi Frekuensi LAVI	38
Tabel 4. 6 Hubungan Antara Indeks Macruz dan LAVI (Fisher's Exact Test).....	39
Tabel 4. 7 Korelasi Indeks Macruz dan LAVI (Uji Spearman)	40
Tabel 4. 8 Korelasi Numerik Indeks Macruz dan LAVI.....	40
Tabel 4. 9 Kontingensi Indeks Macruz terhadap LAVI.....	41
Tabel 4. 10 Nilai Sensitivitas dan Spesifisitas Indeks Macruz terhadap LAVI	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penyebab Gagal Jantung Kiri. ²¹	10
Gambar 2. 2 Skema Gelombang EKG. ²⁵	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Informed Consent.....	56
Lampiran 2. Ethical Clearance	57
Lampiran 3. Dokumentasi	58
Lampiran 4. Analisis SPSS	59
Lampiran 5. Master Data.....	62
Lampiran 6. Biodata Diri	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gagal jantung kronis merupakan kontributor utama terhadap tingginya angka kesakitan dan kematian secara global, serta menjadi tantangan signifikan bagi sistem pelayanan kesehatan di berbagai negara, baik maju maupun berkembang. Dalam beberapa dekade terakhir, kondisi ini terus menunjukkan peningkatan beban sebagai salah satu isu kesehatan masyarakat dunia. Berdasarkan analisis sekunder terhadap data Global Burden of Disease (GBD) 2019 diperkirakan terdapat sekitar 56,19 juta kasus gagal jantung di seluruh dunia.¹

Gagal jantung merupakan bagian dari penyakit kardiovaskular dengan angka kejadian yang relatif tinggi di Indonesia. Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 menunjukkan bahwa prevalensi penyakit jantung berdasarkan diagnosis dokter sebesar 0,85%. Sementara itu, di Provinsi Sumatera Utara, hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 melaporkan prevalensi penyakit jantung mencapai 1,33%.³ Walaupun data nasional yang secara khusus menggambarkan prevalensi gagal jantung masih terbatas, laporan Indonesia Heart Failure Registry (InaHF) yang diterbitkan oleh Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia (PERKI) mengindikasikan bahwa gagal jantung termasuk penyebab utama tingginya angka rawat inap serta kematian di rumah sakit.

Data InaHF tahun 2018 menunjukkan bahwa angka kematian pasien gagal jantung selama perawatan di rumah sakit mencapai 17,2%. Tingkat rehospitalisasi tercatat sebesar 17%, sementara angka kematian dalam satu tahun setelah perawatan mencapai 11,3%. Selain itu, sekitar 17% pasien gagal jantung mengalami rawat inap berulang, yang menandakan tingginya beban penyakit ini terhadap sistem layanan kesehatan.⁴ Kondisi ini tidak hanya meningkatkan beban ekonomi dan sosial, tetapi juga menunjukkan bahwa deteksi dini dan evaluasi

fungsi jantung, termasuk struktur atrium kiri, sangat penting untuk dilakukan secara optimal.⁵

Dalam manajemen gagal jantung kronis, penilaian terhadap struktur dan fungsi atrium kiri memegang peranan penting karena perubahan pada atrium kiri sering mencerminkan tekanan pengisian ventrikel kiri yang meningkat dan progresivitas penyakit.⁶ Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai hal ini adalah *Left Atrium Volume Index* (LAVI), yaitu pengukuran volume atrium kiri yang disesuaikan dengan luas permukaan tubuh pasien melalui pemeriksaan ekokardiografi.⁷

Peningkatan nilai LAVI secara konsisten dikaitkan dengan prognosis yang buruk pada pasien gagal jantung, termasuk peningkatan risiko rawat inap berulang, fibrilasi atrium, serta mortalitas kardiovaskular.⁸ Meskipun LAVI merupakan indikator yang sangat baik dalam mengevaluasi disfungsi diastolik dan beban tekanan atrium kiri, sayangnya pemeriksaan ini tidak selalu tersedia di semua fasilitas kesehatan, terutama di daerah dengan keterbatasan alat dan tenaga spesialis. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang lebih sederhana, murah, dan mudah diakses untuk mendeteksi kemungkinan pembesaran atrium kiri.⁹

Salah satu pendekatan non-invasif yang berpotensi digunakan untuk menilai kondisi atrium kiri secara lebih sederhana adalah melalui interpretasi elektrokardiografi (EKG). khususnya dengan memanfaatkan parameter Indeks Macruz. Indeks Macruz ini dihitung dari rasio antara durasi gelombang P dan segmen PR, dan telah diteliti sebagai cerminan aktivitas listrik atrium serta potensi adanya dilatasi atrium kiri.¹⁰ Perubahan elektrokardiografik seperti pemanjangan durasi gelombang P dan perubahan segmen PR sering ditemukan pada pasien dengan tekanan atrium kiri yang meningkat, yang mencerminkan proses remodeling atrium yang umum terjadi pada penderita gagal jantung.¹¹

Meskipun begitu, keterkaitan langsung antara Indeks Macruz dan LAVI sebagai parameter ekokardiografi yang diakui untuk menilai pembesaran atrium

kiri masih belum banyak dieksplorasi secara sistematis. Beberapa studi menekankan bahwa akurasi EKG, termasuk penggunaan Indeks Macruz dalam mendeteksi dilatasi atrium kiri, tetap terbatas bila dibandingkan dengan LAVI yang memiliki sensitivitas dan spesifisitas lebih tinggi dalam menilai struktur dan fungsi atrium kiri.¹²

Selain itu, hingga kini belum ada penelitian yang secara khusus mengevaluasi korelasi antara kedua parameter ini pada pasien gagal jantung kronis di Indonesia, khususnya di RS Mitra Medika Amplas. Kekosongan data ini menunjukkan adanya peluang riset yang penting untuk mengembangkan pendekatan skrining yang lebih sederhana dan dapat diterapkan di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan akses terhadap ekokardiografi.¹³

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana hubungan Indeks Macruz Berdasarkan Elektrokardiografi dengan Nilai LAVI pada Pasien Gagal Jantung Kronis di RS Mitra Medika Amplas.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui hubungan antara Indeks Macruz yang diperoleh melalui pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) dengan LAVI yang diukur melalui ekokardiografi pada pasien gagal jantung kronis di RS Mitra Medika Amplas

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengukur nilai Indeks Macruz berdasarkan interpretasi hasil elektrokardiografi (EKG) pada pasien gagal jantung kronis di RS Mitra Medika Amplas.
2. Menilai LAVI pada pasien gagal jantung kronis menggunakan pemeriksaan ekokardiografi.

3. Menganalisis hubungan antara Indeks Macruz dan LAVI pada pasien gagal jantung kronis.
4. Menentukan apakah Indeks Macruz dapat digunakan sebagai indikator awal dilatasi atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis di fasilitas pelayanan kesehatan dengan keterbatasan alat diagnostik.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pengalaman peneliti mengenai hubungan antara Indeks Macruz dan LAVI pada pasien gagal jantung kronis, serta memberikan wawasan yang lebih dalam tentang potensi penggunaan EKG sebagai metode skrining non-invasif untuk mendeteksi pembesaran atrium kiri. Penelitian ini juga memberikan pengalaman langsung dalam melakukan analisis data klinis dan memahami penerapan praktis dari pemeriksaan EKG dan ekokardiografi dalam penatalaksanaan pasien gagal jantung.

1.4.2. Manfaat Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan wawasan yang bermanfaat bagi masyarakat, khususnya pasien gagal jantung kronis, mengenai pentingnya deteksi dini pembesaran atrium kiri sebagai bagian dari evaluasi kondisi jantung. Dengan pemahaman ini, masyarakat diharapkan lebih sadar akan pentingnya pemeriksaan jantung secara rutin, bahkan dengan metode sederhana seperti EKG.

1.4.3. Manfaat Bagi Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah literatur akademik dan pengetahuan ilmiah mengenai hubungan antara parameter EKG (Indeks Macruz) dan parameter ekokardiografi (LAVI) dalam menilai kondisi atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi

penelitian selanjutnya yang ingin mengembangkan metode skrining sederhana untuk evaluasi jantung di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan alat diagnostik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gagal Jantung

2.1.1. Definisi Gagal Jantung

Gagal jantung adalah suatu sindrom klinis yang ditandai oleh kumpulan gejala dan tanda akibat ketidakmampuan jantung dalam memompa darah secara adekuat untuk memenuhi kebutuhan perfusi jaringan, yang terjadi karena adanya kelainan struktural atau fungsional pada proses pengisian ventrikel maupun pengeluaran darah.^{4, 14} Gagal jantung dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berperan dalam menurunkan curah jantung, termasuk perubahan pada afterload, preload, dan kontraktilitas miokard. Peningkatan afterload atau preload dapat menurunkan kemampuan kontraksi jantung, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap berkurangnya curah jantung.¹⁵

2.1.2. Definisi Gagal Jantung Kronis

Gagal jantung kronis adalah sindrom klinis yang kompleks, ditandai oleh gejala seperti kelelahan, sesak napas baik saat istirahat maupun aktivitas, edema, serta adanya gangguan fungsi jantung yang dapat ditemukan bahkan pada kondisi istirahat.¹⁶

2.1.3. Faktor Resiko Gagal Jantung

Faktor risiko gagal jantung dapat dibagi menjadi faktor yang tidak dapat dimodifikasi dan faktor yang dapat dimodifikasi. Faktor yang tidak dapat dimodifikasi meliputi usia ≥ 60 tahun, jenis kelamin dengan prevalensi lebih tinggi pada laki-laki serta kondisi menopause pada wanita. Pada wanita menopause, penurunan kadar estrogen dapat memicu perubahan profil lipid, seperti peningkatan trigliserida, yang turut meningkatkan risiko kardiovaskular. Selain itu, faktor keturunan juga berperan. Sementara itu, faktor yang dapat dimodifikasi mencakup hipertensi yang dapat menyebabkan penebalan dinding jantung, pelemahan serta pembesaran jantung sehingga meningkatkan risiko gagal jantung

dan kejadian kardiovaskular lainnya, hiperkolesterolemia, obesitas, diabetes melitus, kurang aktivitas fisik, infark miokardium, dan kardiomiopati.^{15 17}

2.1.4. Klasifikasi Gagal Jantung

1) Klasifikasi gagal jantung berdasarkan klasifikasi fungsional menurut *New York Heart Association* (NYHA).¹⁸

Tabel 2.1 Klasifikasi Gagal Jantung Menurut NYHA.¹⁹

Kelas I	Tidak terdapat batasan pada aktivitas fisik.
Kelas II	Terdapat keterbatasan ringan dalam aktivitas fisik, di mana kegiatan sehari-hari dapat menimbulkan sesak napas, kelelahan, atau palpitasi. Namun, penderita tetap merasa nyaman saat beristirahat.
Kelas III	Terdapat keterbatasan aktivitas fisik yang bermakna, di mana aktivitas ringan sudah dapat menimbulkan sesak napas, kelelahan, atau palpitasi. Meskipun demikian, penderita tetap merasa nyaman saat beristirahat.
Kelas IV	Tidak mampu melakukan aktivitas fisik. Keluhan meningkat dan terdapat gejala ketika istirahat.

2) Klasifikasi gagal jantung berdasarkan kelainan struktural menurut *American Heart Association / American College Of Cardiology (AHA/ACC)*.¹⁴

Tabel 2.2 Klasifikasi Gagal Jantung Menurut AHA/ACC.²⁰

Stadium A	Memiliki risiko mengalami gagal jantung, namun belum menunjukkan gejala, kelainan struktural jantung, maupun peningkatan biomarker jantung yang menandakan peregangan atau cedera miokard.
Stadium B	Tidak terdapat gejala maupun tanda gagal jantung, namun telah ditemukan bukti perkembangan kondisi menuju gagal jantung, seperti adanya kelainan struktural jantung, peningkatan tekanan pengisian, keberadaan faktor risiko pada pasien, atau peningkatan biomarker jantung seperti BNP maupun troponin.
Stadium C	Penyakit jantung struktural dengan gejala gagal jantung
Stadium D	Gejala gagal jantung menetap hingga mengganggu aktivitas sehari-hari serta disertai rawat inap berulang, meskipun terapi medis telah dioptimalkan sesuai pedoman.

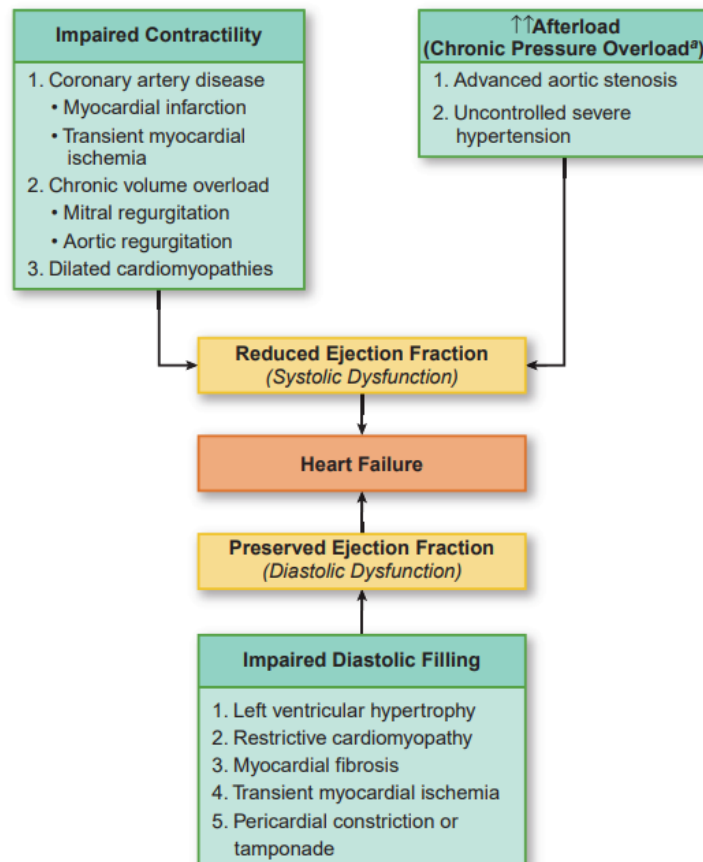
2.1.5. Patofisiologi Gagal Jantung

Gagal jantung kronis dapat terjadi akibat berbagai gangguan kardiovaskular yang memengaruhi fungsi ventrikel, termasuk penurunan kontraktilitas, peningkatan afterload, serta gangguan relaksasi dan proses pengisian ventrikel.

Gagal jantung yang disebabkan gangguan pengosongan ventrikel dikenal sebagai disfungsi sistolik, sedangkan gangguan pada relaksasi atau pengisian ventrikel dikategorikan sebagai disfungsi diastolik. Secara umum, gagal jantung

dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu gagal jantung dengan fraksi ejeksi menurun dan gagal jantung dengan fraksi ejeksi normal. Pada gagal jantung dengan fraksi ejeksi menurun, disfungsi sistolik menyebabkan kemampuan ventrikel untuk memompa darah berkurang, yang dapat dipicu oleh peningkatan beban tekanan seperti afterload yang berlebihan atau gangguan kontraktilitas miokard. Beban tekanan yang tinggi meningkatkan resistensi sehingga memperberat kerja ventrikel. Sementara itu, gangguan kontraktilitas dapat terjadi akibat kelainan fungsi maupun kerusakan miosit. Pada gagal jantung dengan fraksi ejeksi normal, pasien umumnya menunjukkan gangguan fungsi diastolik berupa peningkatan kekakuan dinding ventrikel atau kombinasi keduanya.²¹

Gagal jantung kanan paling sering terjadi sebagai konsekuensi dari gagal jantung kiri. Peningkatan afterload pada sirkulasi paru akan menambah beban kerja ventrikel kanan akibat tingginya tekanan pembuluh darah pulmonal, yang berkaitan dengan disfungsi ventrikel kiri. Ketika ventrikel kanan mengalami kegagalan, tekanan diastolik yang meningkat akan diteruskan kembali ke atrium kanan. Penurunan curah ventrikel kanan selanjutnya mengurangi aliran darah menuju ventrikel kiri atau menurunkan preload, sehingga volume sekuncup ventrikel kiri ikut berkurang.²¹

Gambar 2. 1 Penyebab Gagal Jantung Kiri.²¹

2.1.6. Diagnosis Gagal Jantung

1. Gejala dan Tanda Gagal Jantung.⁴

Tabel 2.3 Gejala dan Tanda Gagal Jantung

Gejala		Tanda
Tipikal		Spesifik
Dyspnea,	Paroxysmal	Peningkatan JVP (tekanan vena jugularis), Refluks
Orthopnea,	Nocturnal	hepatojugular, Bunyi jantung S3 gallop (disfungsi
Dyspnoe, Fatigue,	Ankle	sistolik), S4 gallop (disfungsi diastolic), Pernapasan
Edema,	Edema	Cheyne-stokes, Apeks jantung bergeser ke bagian
bagian	tubuh	lain,

Bendopnea	lateral
Kurang Tipikal	Kurang Spesifik
Depresi, Mengi, Palpitasi, Pusing, Sinkop, Delirium (Terutama Pada Pasien Geriatri), Anoreksia, Bloating (Kembung), Batuk Malam Hari	Edema Perifer, Murmur Jantung, Takikardi, Oliguria, Asites, Akral Dingin, Peningkatan berat badan >2 Kg/Minggu, Pembesaran Hepar, Takipnea, Pada pasien gagal jantung lanjut ditemukan Berat Badan Mengalami Penurunan, Nadi (Irregular), Tekanan Nadi Menyempit.

2. Pemeriksaan Penunjang

- a. Elektrokardiogram (EKG) sering menunjukkan berbagai kelainan dan merupakan pemeriksaan rutin pada pasien dengan kecurigaan gagal jantung. Pemeriksaan ini memberikan informasi mengenai frekuensi denyut jantung, irama, serta durasi kompleks QRS.¹⁴
- b. Foto rontgen toraks dapat menunjukkan adanya edema paru atau kongesti, serta memberikan gambaran mengenai bentuk dan ukuran jantung, baik dalam batas normal maupun adanya kelainan.²²
- c. BNP (Brain Natriuretic Peptide) dan NT-proBNP merupakan biomarker yang sering dimanfaatkan untuk membantu diagnosis serta menilai derajat keparahan gagal jantung.¹⁴ Peningkatan kadar peptida natriuretik terjadi sebagai respons terhadap meningkatnya tekanan pada dinding ventrikel. Pada gagal jantung, nilai NT-proBNP yang mendukung diagnosis adalah ≥ 300 pg/mL pada kondisi akut dan ≥ 125 pg/mL pada kondisi kronis. Sementara itu, nilai BNP yang digunakan sebagai batas rujukan adalah ≥ 100 pg/mL pada keadaan akut dan ≥ 35 pg/mL pada kondisi kronis.⁴

d. Ekokardiografi digunakan untuk menilai kondisi hemodinamik dan fungsi jantung, termasuk gangguan sistolik maupun diastolik, serta mendeteksi kelainan pada miokardium, katup jantung, perikardium, dan kelainan kongenital.²²

e. Pemeriksaan laboratorium yang dianjurkan meliputi hitung darah lengkap, urinalisis, BUN (blood urea nitrogen), elektrolit serum, fungsi hati, fungsi ginjal, kadar zat besi, glukosa, serta profil lipid puasa.¹⁴ Pada gagal jantung akut stadium lanjut, sering ditemukan peningkatan kadar kreatinin serum dan nitrogen urea darah.²²

2.2. Indeks Macruz

2.2.1. Definisi Indeks Macruz

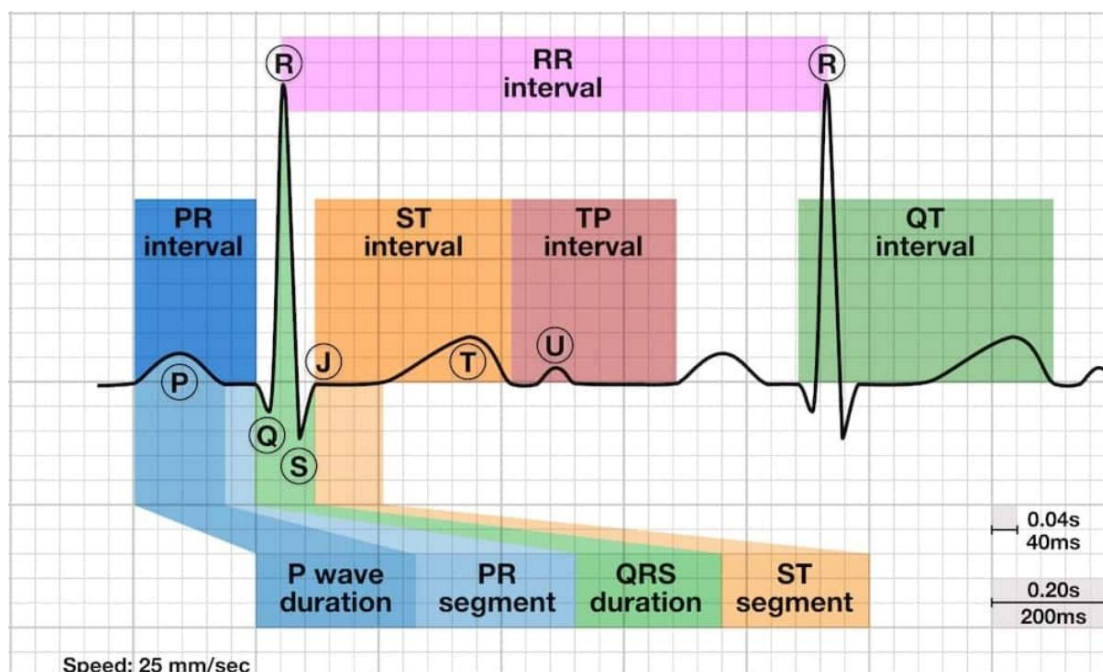
Indeks Macruz merupakan salah satu parameter elektrokardiografi (EKG) yang diperkenalkan oleh Macruz, Perloff, dan Case pada tahun 1958 sebagai metode sederhana untuk mendeteksi pembesaran atrium, khususnya atrium kiri. Indeks ini dihitung dengan membandingkan durasi gelombang P terhadap segmen PR pada lead II EKG standar. Rasio ini dinilai mencerminkan keseimbangan aktivitas listrik antara atrium kanan dan kiri.²³

Dalam kondisi normal, nilai indeks berkisar antara 1,0 hingga 1,6, dengan nilai rerata sekitar 1,2. Nilai yang melebihi 1,6 mengindikasikan adanya kemungkinan pembesaran atrium kiri (left atrial enlargement/LAE), sementara nilai di bawah 1,0 diasosiasikan dengan pembesaran atrium kanan. Prinsip dasar dari indeks ini terletak pada fakta bahwa bagian terminal dari gelombang P utamanya berasal dari depolarisasi atrium kiri, sehingga setiap pemanjangan durasi gelombang P, tanpa perubahan signifikan pada segmen PR, akan menyebabkan peningkatan nilai indeks Macruz.²⁴

2.2.2. Metode Perhitungan Indeks Macruz

Perhitungan indeks Macruz dilakukan melalui pengukuran manual atau digital dari EKG, khususnya pada lead II. Gelombang P diukur dari awal hingga akhir depolarisasi atrium, sedangkan segmen PR diukur dari akhir gelombang P

hingga awal kompleks QRS. Indeks dihitung dengan membagi durasi gelombang P terhadap segmen PR.



Gambar 2. 2 Skema Gelombang EKG.²⁵

Indeks Macruz = Durasi Gelombang P (ms) / Segmen PR (ms).

Karena komponen yang dihitung berskala milidetik, akurasi dalam pengukuran sangat penting, kesalahan pengukuran sekecil 3–9 milidetik pada salah satu titik pengukuran dapat menghasilkan kesalahan relatif hingga 40–60 persen dalam nilai indeks. Oleh karena itu, diperlukan perhatian khusus terhadap ketepatan pengukuran waktu untuk memastikan interpretasi yang valid.

Nilai normal Indeks Macruz berkisar antara 1 hingga 1,6. Nilai di atas rentang ini dapat mengindikasikan adanya peningkatan waktu konduksi akibat dilatasi atrium kiri atau tekanan atrium yang meningkat.²⁴

2.2.3. Signifikansi Klinis dan Keterbatasan Indeks Macruz

Indeks Macruz merupakan metode skrining non-invasif yang bermanfaat untuk mendeteksi kemungkinan adanya perubahan struktural pada atrium kiri,

seperti dilatasi atau peningkatan tekanan. Peningkatan indeks ini dapat menggambarkan perubahan fisiologis akibat disfungsi diastolik atau hipertrofi ventrikel kiri, seperti yang ditemukan pada pasien dengan hipertensi atau gagal jantung kronis.¹⁰

Namun, keterbatasan utama dari penggunaan Indeks Macruz adalah sensitivitas dan spesifisitas yang rendah bila dibandingkan dengan modalitas pencitraan seperti ekokardiografi. Selain itu, faktor eksternal seperti gangguan konduksi atrioventrikular, pengaruh obat-obatan, dan variabilitas teknik pengukuran dapat memengaruhi hasilnya, sehingga interpretasinya harus dilakukan secara hati-hati dalam konteks klinis yang sesuai.²⁶

2.2.4. Relevansi Indeks Macruz dalam Gagal Jantung Kronis

Penilaian atrium kiri penting dalam manajemen pasien gagal jantung kronis karena peningkatan ukuran dan tekanan atrium kiri berkaitan dengan prognosis yang buruk. Indeks Macruz menawarkan pendekatan skrining elektrokardiografik yang mudah dilakukan dan ekonomis, khususnya di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan akses terhadap ekokardiografi. Ini dapat menjadi alat bantu dalam memprediksi adanya disfungsi atrium kiri atau tekanan pengisian ventrikel yang meningkat.²⁷

2.3. Left Atrium Volume Index (LAVI)

2.3.1. Definisi LAVI

LAVI adalah parameter ekokardiografi yang mengukur volume atrium kiri yang disesuaikan dengan luas permukaan tubuh (body surface area). Pengukuran ini memberikan informasi yang lebih akurat dibandingkan pengukuran linier karena mencerminkan perubahan tiga dimensi atrium kiri akibat tekanan pengisian ventrikel kiri yang meningkat atau gangguan relaksasi diastolik jantung. LAVI digunakan sebagai indikator penting dalam menilai disfungsi diastolik dan remodeling atrium kiri pada pasien dengan penyakit kardiovaskular, termasuk gagal jantung.²⁸

Dalam praktik klinis, LAVI dihitung menggunakan metode biplane area-length atau Simpson's method melalui gambar apikal empat dan dua ruang. Pengukuran ini dilakukan pada fase akhir diastolik, tepat sebelum pembukaan katup mitral. LAVI dianggap sebagai parameter yang lebih andal dibandingkan pengukuran dimensi linier atrium kiri karena mampu mendeteksi perubahan volume yang terjadi akibat tekanan pengisian ventrikel kiri yang meningkat secara kronis.²⁸

2.3.2. Nilai Normal dan Abnormal LAVI

Menurut pedoman terbaru, nilai normal LAVI adalah $\leq 34 \text{ mL/m}^2$. Nilai di atas batas ini dianggap abnormal dan dikaitkan dengan dilatasi atrium kiri. Klasifikasi lebih lanjut membagi abnormalitas menjadi ringan ($35\text{--}41 \text{ mL/m}^2$), sedang ($42\text{--}48 \text{ mL/m}^2$), dan berat ($>48 \text{ mL/m}^2$). Peningkatan LAVI biasanya mencerminkan peningkatan tekanan pengisian ventrikel kiri yang kronis akibat kondisi seperti hipertensi, stenosis mitral, atau gagal jantung.²⁸

Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa cutoff nilai LAVI yang lebih rendah, seperti 30 mL/m^2 , mungkin lebih sensitif dalam memprediksi risiko kardiovaskular. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa LAVI memiliki korelasi yang lebih rendah dengan tekanan pengisian ventrikel kiri dibandingkan

parameter lain seperti strain reservoir atrium kiri. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun LAVI tetap penting, parameter tambahan mungkin diperlukan untuk evaluasi yang lebih komprehensif.²⁹

2.3.3. Keterkaitan LAVI dengan Prognosis Gagal Jantung

LAVI memiliki peran penting dalam memprediksi prognosis pada pasien gagal jantung, baik pada kondisi dengan fraksi ejeksi yang menurun maupun yang masih dipertahankan. Peningkatan nilai LAVI mencerminkan adanya perubahan struktural kronis pada atrium kiri yang diakibatkan oleh tekanan pengisian ventrikel kiri yang terus-menerus meningkat.³⁰ Nilai LAVI yang lebih tinggi telah dikaitkan dengan peningkatan kemungkinan terjadinya rawat inap berulang, timbulnya fibrilasi atrium, serta risiko kematian akibat penyakit kardiovaskular yang lebih tinggi.³¹

Peningkatan nilai LAVI telah terbukti menjadi indikator independen yang berkaitan dengan peningkatan risiko kematian dan komplikasi kardiovaskular pada pasien dengan sindrom koroner akut. Pasien dengan nilai LAVI yang lebih tinggi menunjukkan kecenderungan lebih besar untuk mengalami kejadian kardiovaskular yang merugikan dibandingkan dengan mereka yang memiliki LAVI normal.³² Oleh karena itu, pemantauan rutin terhadap LAVI dianggap penting dalam evaluasi klinis pasien gagal jantung untuk membantu memperkirakan prognosis dan menentukan pendekatan penanganan yang tepat.³³

2.3.4. Metode Perhitungan LAVI

Pengukuran LAVI dilakukan dengan membagi volume atrium kiri (*Left Atrial Volume* atau LAV) terhadap luas permukaan tubuh (*Body Surface Area* atau BSA) dan dinyatakan dalam mL/m². Pemeriksaan dilakukan menggunakan ekokardiografi transtorakal (TTE) pada fase akhir sistol ventrikel kiri (*end-systole*), tepat sebelum katup mitral terbuka, saat volume atrium kiri berada pada nilai maksimum. Akuisisi citra diperoleh dari pandangan apikal empat-ruang (*apical 4-chamber*, A4C) dan apikal dua-ruang (*apical 2-chamber*, A2C), dengan memastikan tidak terjadi *foreshortening* sehingga seluruh atrium kiri, termasuk apeksnya, terlihat utuh. Pada proses *tracing*, batas endokard atrium kiri diikuti secara hati-hati mulai dari annulus mitral sepanjang dinding atrium kiri, tanpa memasukkan *left atrial appendage* maupun ostium vena pulmonalis.³⁴

Metode yang sering digunakan untuk menghitung LAV adalah *biplane method of disks* (metode Simpson biplane) atau *area-length method*. Pada metode area-length, luas atrium kiri pada A4C (A_4) dan A2C (A_2) diukur, kemudian panjang atrium kiri (L) diukur dari titik tengah annulus mitral hingga dinding posterior atrium kiri. Nilai L yang digunakan adalah yang terpendek dari dua pandangan untuk mencegah estimasi berlebih. Volume atrium kiri kemudian dihitung menggunakan rumus:³⁵

$$LAV = \frac{8}{3\pi} \times \frac{A_4 \times A_2}{L}$$

(dengan A dalam cm², L dalam cm, sehingga LAV dalam mL).

Setelah mendapatkan LAV, dihitung BSA menggunakan rumus Mosteller:

$$BSA = \sqrt{\frac{TB(cm) \times BB(kg)}{3600}}$$

Nilai LAVI kemudian diperoleh dari pembagian LAV dengan BSA. Nilai normal LAVI adalah ≤ 34 mL/m², pembesaran ringan 35–41 mL/m², pembesaran sedang 42–48 mL/m², dan pembesaran berat ≥ 48 mL/m². Pada pasien dengan fibrilasi atrium, pengukuran diulang minimal lima siklus dan dirata-ratakan, sedangkan pada irama sinus diambil minimal tiga siklus untuk meningkatkan akurasi.³⁴

Pengukuran LAVI memiliki nilai prognostik yang signifikan, karena peningkatan volume atrium kiri yang telah dikoreksi terhadap BSA dapat mencerminkan beban tekanan dan volume jangka panjang yang dialami atrium kiri. Oleh karena itu, parameter ini penting dalam evaluasi pembesaran atrium kiri dan prognosis gagal jantung kronis.³⁴

2.4. Gagal Jantung dan Perubahan Struktural Jantung

Gagal jantung kronis merupakan sindrom klinis progresif yang ditandai oleh ketidakmampuan jantung mempertahankan curah jantung yang adekuat untuk memenuhi kebutuhan metabolik tubuh, atau hanya mampu melakukannya dengan peningkatan tekanan pengisian ventrikel. Pada tahap kronis, jantung tidak hanya mengalami gangguan fungsi, tetapi juga perubahan morfologi dan komposisi jaringan yang dikenal sebagai *cardiac remodeling*. Remodeling jantung didefinisikan sebagai perubahan ukuran, bentuk, dan struktur jantung akibat stres hemodinamik yang berlangsung lama atau akibat kerusakan miokard.³⁶

Secara fisiologis, remodeling dimulai sebagai mekanisme kompensasi yang bertujuan mempertahankan fungsi pompa jantung. Namun, proses ini bersifat dinamis dan progresif, di mana adaptasi awal yang menguntungkan dapat bertransformasi menjadi respons maladaptif yang memperburuk disfungsi jantung.³⁷ Perubahan struktural ini meliputi hipertrofi ventrikel kiri, dilatasi ventrikel, dan pembesaran atrium kiri. Ketiganya memiliki keterkaitan yang erat dalam lingkaran patofisiologi gagal jantung.

Hipertrofi Ventrikel Kiri

Hipertrofi ventrikel kiri merupakan salah satu perubahan awal yang umum ditemukan pada gagal jantung kronis. Mekanisme dasarnya melibatkan peningkatan ukuran miosit sebagai respons terhadap beban tekanan (*pressure overload*) atau beban volume (*volume overload*). Pada *pressure overload*, seperti yang terjadi pada hipertensi kronis atau stenosis katup aorta, terjadi hipertrofi konsentris. Dalam kondisi ini, dinding ventrikel menebal akibat penambahan sarkomer secara paralel, yang bertujuan mengurangi tegangan dinding sesuai hukum Laplace.³⁶ Sebaliknya, pada *volume overload* seperti regurgitasi aorta atau mitral, terjadi hipertrofi eksentris, di mana penambahan sarkomer terjadi secara seri, menghasilkan pelebaran rongga ventrikel disertai peningkatan massa miokard.³⁸

Awalnya hipertrofi membantu mempertahankan curah jantung, namun dalam jangka panjang menyebabkan penurunan kepatuhan (*compliance*) ventrikel, meningkatkan kekakuan dinding, dan memicu iskemia subendokardial akibat bertambahnya jarak difusi oksigen. Kondisi ini berkontribusi pada terjadinya disfungsi diastolik dan memperberat gejala gagal jantung.³⁷

Dilatasi Ventrikel Kiri

Dilatasi ventrikel kiri merupakan tanda dekompensasi miokard dan biasanya berkembang pada tahap lebih lanjut gagal jantung kronis. Penurunan kontraktilitas menyebabkan peningkatan volume akhir diastolik, yang memaksa ventrikel untuk meregang dan membesar. Perubahan bentuk ventrikel menjadi lebih bulat (*spherical remodeling*) meningkatkan tegangan dinding dan menurunkan efisiensi kontraksi.³⁶

Perubahan geometri ini juga mengubah hubungan anatomi katup mitral, khususnya cincin katup (*annulus*), sehingga dapat menyebabkan regurgitasi mitral fungsional. Hal ini menambah beban volume pada ventrikel dan mempercepat progresi dilatasi. Aktivasi sistem neurohormonal, terutama sistem renin-

angiotensin-aldosteron (RAAS) dan sistem saraf simpatis, semakin memperburuk proses dengan merangsang retensi cairan, vasokonstriksi, dan fibrosis interstisial miokard.³⁷

Pembesaran Atrium Kiri

Pembesaran atrium kiri atau *left atrial enlargement* (LAE) merupakan konsekuensi dari peningkatan kronis tekanan pengisian ventrikel kiri (*left ventricular filling pressure*). Tekanan ini ditransmisikan secara retrograd ke atrium kiri, menyebabkan regangan dinding atrium, hipertrofi miosit atrium, dan deposisi kolagen (fibrosis).³⁸

Pembesaran atrium kiri memiliki signifikansi klinis yang besar. LAE sering kali mencerminkan adanya disfungsi diastolik dan menjadi faktor risiko utama terjadinya fibrilasi atrium. Fibrilasi atrium pada gilirannya dapat memperburuk hemodinamik pasien gagal jantung melalui hilangnya kontraksi atrium (*atrial kick*) dan respons ventrikel yang tidak teratur.³⁶

Pengukuran kuantitatif pembesaran atrium kiri dilakukan dengan parameter LAVI, yaitu volume atrium kiri yang disesuaikan dengan luas permukaan tubuh. LAVI yang meningkat terbukti sebagai prediktor independen untuk mortalitas dan rawat inap berulang pada pasien gagal jantung kronis, baik pada gagal jantung dengan fraksi ejeksi berkurang (HFrEF) maupun gagal jantung dengan fraksi ejeksi terpelihara (HFpEF).³⁶

Interaksi Antara Perubahan Struktural

Perubahan struktural pada gagal jantung kronis tidak terjadi secara terisolasi. Hipertrofi ventrikel meningkatkan kekakuan dinding, yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan tekanan pengisian dan memicu pembesaran atrium kiri. Dilatasi ventrikel mengubah geometri jantung, memperparah regurgitasi katup mitral, yang meningkatkan beban volume dan mempercepat

remodeling. Siklus ini mencerminkan sifat progresif gagal jantung, di mana setiap perubahan struktural memperkuat dampak perubahan lainnya.³⁷

2.5. Hubungan Indeks Macruz dan LAVI dalam Gagal Jantung

Indeks Macruz merupakan salah satu parameter elektrokardiografi klasik yang dihitung dari rasio antara durasi gelombang P dan segmen PR pada EKG. Parameter ini pertama kali diperkenalkan sebagai alat bantu dalam mendeteksi kelainan pada atrium, terutama atrium kiri. Indeks Macruz dianggap mencerminkan keterlibatan aktivitas listrik atrium dalam berbagai kondisi patologis, termasuk dilatasi atrium kiri. Dalam konteks gagal jantung, di mana tekanan pengisian ventrikel kiri meningkat secara kronis, perubahan pada atrium kiri tidak hanya bersifat struktural tetapi juga elektrik. Oleh karena itu, Indeks Macruz berpotensi digunakan sebagai indikator awal adanya disfungsi atrium kiri.^{10, 39}

Sementara itu, LAVI adalah parameter yang diperoleh dari ekokardiografi dan merepresentasikan volume atrium kiri yang disesuaikan dengan luas permukaan tubuh.⁴⁰ Pengukuran LAVI merupakan metode yang lebih objektif dan akurat dibandingkan pengukuran linier tradisional karena mempertimbangkan volume tiga dimensi dari atrium kiri. LAVI telah terbukti memiliki nilai prognostik tinggi dalam menilai risiko komplikasi pada pasien dengan gagal jantung, baik dengan fraksi ejeksi rendah (HFrEF) maupun fraksi ejeksi dipertahankan (HFpEF).³⁹ Peningkatan nilai LAVI sering kali mencerminkan remodeling atrium kiri yang kronis dan berhubungan dengan peningkatan risiko rawat inap ulang dan mortalitas kardiovaskular.⁴¹

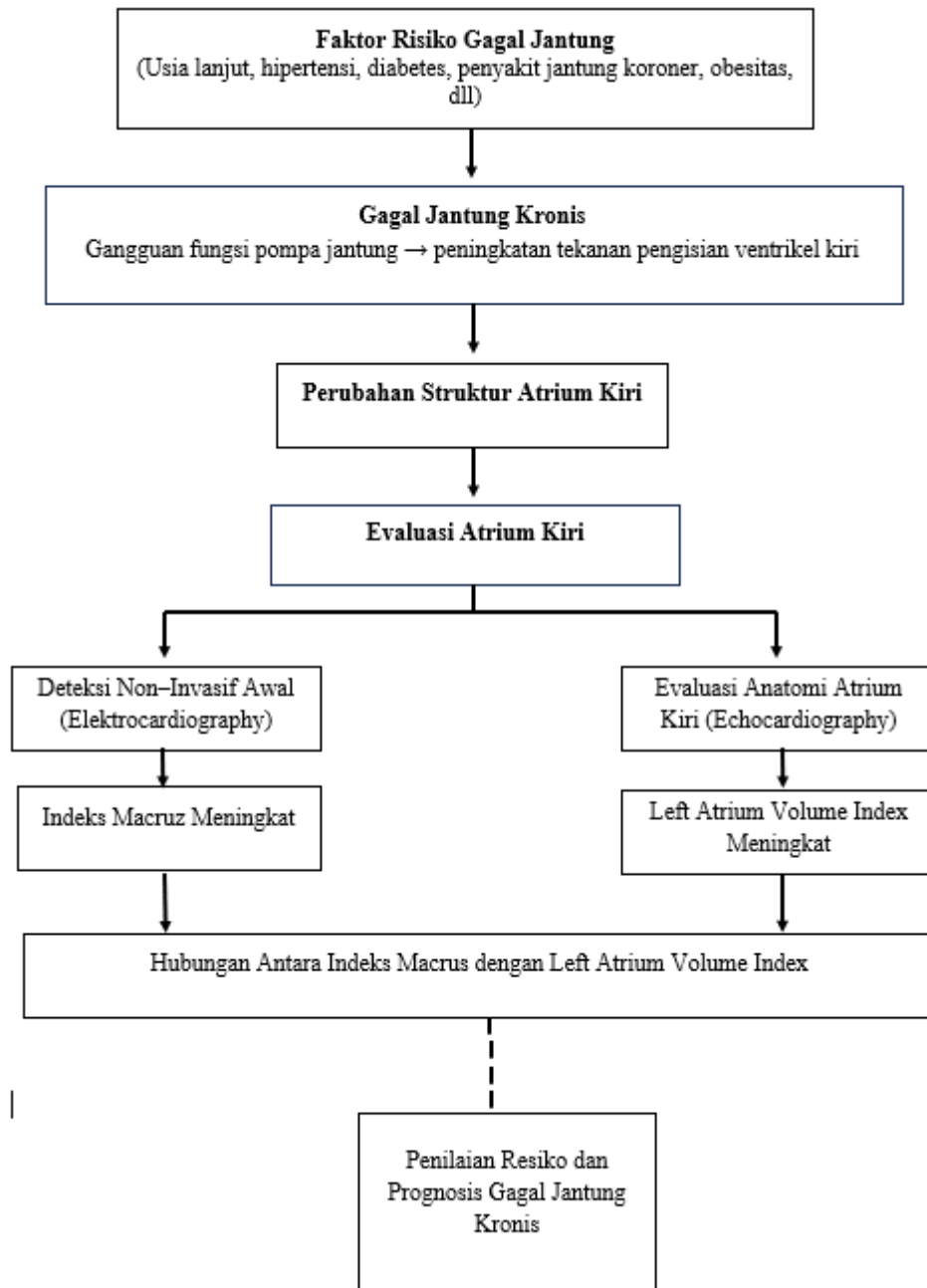
Hubungan antara Indeks Macruz dan LAVI menjadi relevan dalam upaya mengembangkan metode skrining yang lebih murah dan mudah dijangkau, khususnya di fasilitas pelayanan kesehatan dengan keterbatasan teknologi pencitraan seperti ekokardiografi. Beberapa penelitian awal menunjukkan bahwa peningkatan durasi gelombang P, yang merupakan bagian dari Indeks Macruz, berhubungan dengan peningkatan volume atrium kiri yang terdeteksi melalui

LAVI.¹² Oleh karena itu, meskipun Indeks Macruz tidak dapat menggantikan LAVI, ia dapat memberikan gambaran awal mengenai kemungkinan dilatasi atrium kiri dan digunakan sebagai panduan dalam menentukan pasien yang perlu dievaluasi lebih lanjut dengan ekokardiografi.⁴²

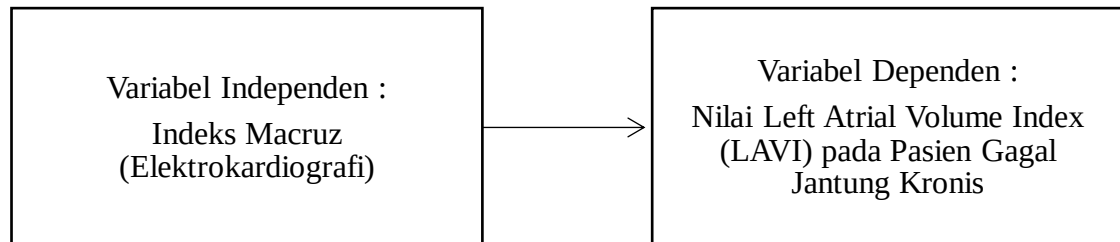
Dalam konteks klinis, penggunaan Indeks Macruz sebagai alat skrining awal berpotensi mengidentifikasi pasien dengan risiko tinggi lebih dini dan mendorong evaluasi lebih lanjut dengan alat diagnostik yang lebih canggih seperti ekokardiografi.¹² Ini menjadi sangat penting di daerah dengan sumber daya terbatas, di mana tidak semua pasien dapat langsung diakses oleh pemeriksaan ekokardiografi. Bila terbukti terdapat korelasi yang kuat dan signifikan antara Indeks Macruz dan LAVI, maka pendekatan ini dapat diterapkan secara lebih luas untuk mempercepat diagnosis dan pengelolaan pasien gagal jantung kronis.⁴³

Namun demikian, masih dibutuhkan lebih banyak penelitian dengan metodologi yang kuat dan sampel yang besar untuk mengevaluasi kekuatan korelasi antara Indeks Macruz dan LAVI secara lebih menyeluruh. Hal ini penting mengingat hasil pengukuran EKG dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti kualitas rekaman, posisi elektroda, serta variabilitas individu dalam konduksi atrial. Selain itu, beberapa kondisi seperti blok AV, penggunaan obat antiaritmia, dan fibrilasi atrium juga dapat memengaruhi nilai Indeks Macruz dan mengurangi akurasi dalam mendeteksi perubahan struktural pada atrium kiri. Dengan demikian, interpretasi terhadap Indeks Macruz tetap harus dilakukan secara hati-hati dan tidak menggantikan pemeriksaan pencitraan sebagai standar diagnosis.^{40, 39}

2.6. Kerangka Teori



2.7. Kerangka Konsep



2.8. Hipotesis

H₀ : Tidak terdapat hubungan antara Indeks Macruz berdasarkan elektrokardiografi terhadap nilai Left Atrium Volume Index (LAVI) pada pasien gagal jantung kronis.

H_a : Terdapat hubungan antara Indeks Macruz berdasarkan elektrokardiografi terhadap nilai Left Atrium Volume Index (LAVI) pada pasien gagal jantung kronis.

BAB III

METODE RISET

3.1. Definisi Operasional

Definisi operasional bertujuan untuk menjelaskan secara rinci variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian, agar dapat diukur dan dianalisis secara kuantitatif maupun kualitatif.

Tabel 3. 1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Skala Ukur	Hasil Ukur
Indeks Macruz	Rasio antara durasi gelombang P dan segmen PR berdasarkan hasil rekaman EKG 12 sadapan. Digunakan untuk menilai kemungkinan disfungsi atrium.	Elektrokardiogram (EKG) 12 sadapan	Nominal	Nilai Indeks Macruz: Normal: 1,0 – 1,6 Tinggi: >1,6 Kemungkinan pembesaran atrium kiri
Left Atrium Volume Index (LAVI)	Volume atrium kiri yang disesuaikan dengan luas permukaan tubuh pasien, mencerminkan derajat dilatasi atrium kiri.	Ekokardiografi 2D	Ordinal	Nilai LAVI (mL/m ²): Normal ≤ 34 Ringan: 35–41 Sedang: 42–48 Berat ≥ 49

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi analitik korelasional yang bertujuan untuk menilai hubungan antara Indeks Macruz berdasarkan pemeriksaan elektrokardiografi dan nilai LAVI pada pasien gagal jantung kronis di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas. Desain yang digunakan adalah cross-sectional, di mana setiap subjek penelitian diobservasi satu kali dengan pengukuran variabel dilakukan pada saat pemeriksaan.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

3.3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas, khususnya di Instalasi Rawat Inap dan Rawat Jalan Bagian Kardiologi, yang memiliki fasilitas pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) dan ekokardiografi. Rumah sakit ini dipilih karena memiliki jumlah kasus gagal jantung kronis yang cukup tinggi serta ketersediaan data rekam medis dan fasilitas penunjang yang memadai untuk pelaksanaan penelitian.

3.3.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari proses pengajuan hingga pengolahan data, yang berlangsung dari bulan Februari 2025 hingga Juni 2025. Adapun pengambilan data dilaksanakan selama periode Juni hingga Agustus 2025, setelah memperoleh izin dari pihak rumah sakit dan komite etik penelitian.

3.4 Populasi dan Sampel Penelitian

3.4.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pasien yang telah didiagnosis dengan gagal jantung kronis dan menjalani pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) serta ekokardiografi di RS Mitra Medika Amplas selama periode penelitian berlangsung.

3.4.2 Sampel Penelitian

Sampel adalah bagian dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi serta digunakan sebagai sumber data penelitian.

Kriteria inklusi:

1. Pasien dengan diagnosis gagal jantung kronis yang stabil (berdasarkan evaluasi klinis dan data rekam medis).
2. Pasien yang menjalani pemeriksaan EKG dan ekokardiografi lengkap dalam periode penelitian.
3. Pasien berusia ≥ 18 tahun.
4. Data pasien lengkap dan dapat diakses.

Kriteria eksklusi:

1. Pasien dengan aritmia atrium seperti fibrilasi atrium, flutter atrium, atau blok atrioventrikular derajat tinggi, yang dapat memengaruhi interpretasi gelombang P dan segmen PR.
2. Pasien dengan data pemeriksaan EKG atau ekokardiografi yang tidak terbaca atau tidak valid.
3. Pasien dengan data rekam medis yang tidak lengkap.
4. Pasien dengan nilai indeks macruz di bawah normal.

3.4.3 Besar Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah pasien gagal jantung kronis yang menjalani pemeriksaan elektrokardiografi dan ekokardiografi di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas serta memenuhi kriteria inklusi. Rumus besar sampel yang digunakan adalah rumus penelitian analitik korelatif, yaitu Indeks Macruz dan LAVI.

$$n = \left\{ \frac{Z_{\alpha} + Z_{\beta}}{0,5 \ln \left[\frac{(1+r)}{(1-r)} \right]} \right\}^2 + 3$$

Keterangan :

n = Jumlah sampel keseluruhan

Z_{α} = deviat baku alfa (1,96)

Z_{β} = deviat baku beta (0,52)

r = korelasi minimal yang dianggap bermakna (0,4)

Berdasarkan rumus diatas maka diperoleh hasil berikut :

$$n = \left\{ \frac{Z_{\alpha} + Z_{\beta}}{0,5 \ln \left[\frac{(1+r)}{(1-r)} \right]} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{1,96 + 0,52}{0,5 \ln \left[\frac{(1+0,4)}{(1-0,4)} \right]} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{2,48}{0,5 \ln [2,23]} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{2,48}{0,424} \right\}^2 + 3$$

$$n = \{5,85\}^2 + 3$$

$$n = 34,2 + 3$$

$$n = 37,2$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka besar sampel yang didapat adalah 38 orang.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara retrospektif dan dokumentatif, dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari rekam

medis pasien di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas. Data yang dikumpulkan meliputi hasil pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) dan ekokardiografi, serta informasi dasar pasien seperti usia, jenis kelamin, dan diagnosis klinis.

Langkah-langkah pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Subjek

Pasien yang telah didiagnosis dengan gagal jantung kronis diidentifikasi melalui unit rekam medis sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi penelitian.

2. Pengambilan Data EKG (Elektrokardiografi)

Data berupa durasi gelombang P dan Segmen PR diperoleh dari hasil rekaman EKG 12 sadapan standar. Selanjutnya, nilai Indeks Macruz dihitung secara manual menggunakan rumus:

$$\text{Indeks Macruz} = \frac{\text{Durasi Gelombang P (ms)}}{\text{Segmen PR (ms)}}$$

Perhitungan Indeks Macruz dalam penelitian ini dilakukan khusus pada lead II, karena gelombang P paling jelas dan mudah diidentifikasi pada sadapan ini.

Untuk meminimalkan inakurasi, pengukuran dilakukan dengan langkah berikut:

- Menggunakan jangka sorong/penggaris presisi dengan ketelitian 0,1 mm pada rekaman EKG kertas.
- Menentukan titik awal gelombang P (deviasi dari garis isoelektrik), akhir gelombang P (kembali ke garis isoelektrik), dan awal kompleks QRS secara hati-hati pada lead II.
- Mengukur panjang gelombang P dan segmen PR dalam milimeter (mm), kemudian dikonversi ke milidetik (1 mm horizontal = 0,04 detik = 40 ms).

- Melakukan pengukuran pada minimal 3 kompleks gelombang P di lead II yang jelas, lalu menghitung nilai rata-rata untuk dijadikan hasil akhir.

3. **Pengambilan Data Ekokardiografi**

Nilai LAVI diambil langsung dari hasil interpretasi ekokardiografi yang telah dilakukan oleh dokter spesialis jantung, dan dinyatakan dalam satuan mL/m².

4. **Input dan Analisis Data**

Semua data yang memenuhi kriteria inklusi akan dicatat dalam lembar kerja pengumpulan data (data sheet) dan dianalisis menggunakan uji statistik sesuai tujuan penelitian.

Seluruh proses pengumpulan data dilakukan dengan menjaga kerahasiaan identitas pasien dan mengikuti prinsip etika penelitian kedokteran, termasuk persetujuan dari komite etik penelitian dan izin dari pihak rumah sakit.

3.6. **Pengolahan dan Analisis Data**

3.6.1. **Pengolahan Data**

1. ***Editing***

Data yang telah terkumpul akan diperiksa kembali untuk memastikan kelengkapan dan konsistensi pengisian. Data yang tidak lengkap atau tidak memenuhi kriteria inklusi akan dikeluarkan dari analisis.

2. ***Coding***

Data mentah akan dikodekan dengan pemberian simbol atau angka pada masing-masing variabel agar mudah dimasukkan ke dalam program komputer.

3. ***Entry***

Data yang telah diedit dan dikodekan akan dimasukkan ke dalam program SPSS.

4. Tabulasi

Data yang telah diinput ke dalam SPSS akan ditabulasi dan ditampilkan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi dan deskriptif untuk menggambarkan karakteristik subjek penelitian.

3.6.2 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis univariat dan analisis bivariat. Analisis univariat digunakan untuk mengetahui distribusi frekuensi dan persentase masing-masing variabel, yaitu Indeks Macruz dan LAVI. Sedangkan analisis bivariat bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variabel independen (Indeks Macruz berdasarkan elektrokardiografi) dengan variabel dependen (nilai LAVI pada pasien gagal jantung kronis).

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui adanya hubungan atau asosiasi antara dua variabel kategorik. Karena kedua variabel yang diuji memiliki skala data nominal atau ordinal, maka digunakan uji Chi Square untuk menguji hubungan antar variabel tersebut. Uji dilakukan dengan derajat kemaknaan (α) = 5% dan tingkat kepercayaan 95%. Jika terdapat sel dengan frekuensi harapan kurang dari 5, maka alternatif uji Fisher's Exact Test digunakan untuk memastikan validitas hasil.

Uji korelasi ini dilakukan untuk menguji hubungan antara Indeks Macruz dan LAVI. Apabila nilai $p\text{-value} \leq 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara kedua variabel, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sebaliknya, apabila nilai $p > 0,05$, maka hubungan dianggap tidak bermakna secara statistik, dan H_0 diterima. Dengan demikian, jika H_1 diterima, maka $\alpha < 0,05$ menunjukkan adanya hubungan signifikan antara Indeks Macruz dan LAVI pada pasien gagal jantung kronis. Namun, jika H_0 diterima, maka $\alpha > 0,05$ menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut.

Uji Sensitivitas dan Spesifisitas Indeks Macruz

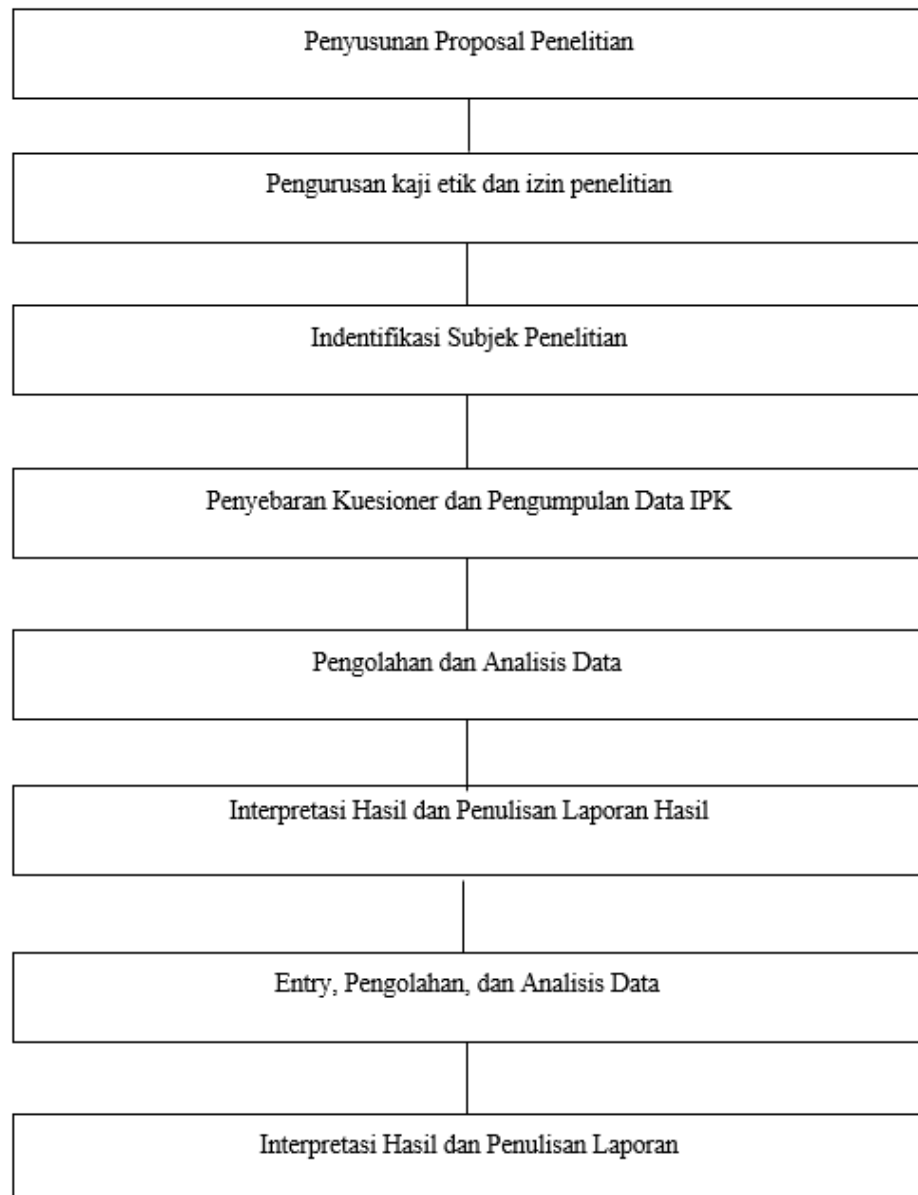
Selain analisis hubungan antara Indeks Macruz dan LAVI, penelitian ini juga dilakukan analisis tambahan berupa uji sensitivitas dan spesifisitas untuk menilai kemampuan diagnostik Indeks Macruz dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri. Pemeriksaan ekokardiografi dengan pengukuran LAVI digunakan sebagai standar emas dalam menentukan adanya pembesaran atrium kiri. Indeks Macruz diperoleh dari hasil pengukuran elektrokardiografi standar 12 sadapan yang dilakukan sesuai prosedur rumah sakit.

Untuk keperluan analisis diagnostik, Indeks Macruz dikategorikan berdasarkan nilai ambang batas (cut-off) yang telah ditetapkan berdasarkan literatur, sedangkan LAVI dikategorikan menjadi normal dan membesar sesuai dengan pedoman ekokardiografi yang berlaku. Selanjutnya, dibuat tabel kontingensi 2×2 antara kategori Indeks Macruz dan kategori LAVI. Berdasarkan tabel tersebut, dihitung nilai sensitivitas, spesifisitas, nilai prediktif positif, dan nilai prediktif negatif Indeks Macruz dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri.

Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik, dan hasil uji sensitivitas serta spesifisitas disajikan dalam bentuk tabel untuk menggambarkan kemampuan Indeks Macruz sebagai alat skrining elektrokardiografi terhadap pembesaran atrium kiri.

3.7 Alur Penelitian

Alur penelitian ini menggambarkan langkah-langkah sistematis yang dilakukan peneliti dalam proses pelaksanaan studi, mulai dari tahap awal perencanaan hingga analisis data. Berikut ini adalah tahapan alur penelitian:



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah studi analitik korelasional dengan desain cross-sectional yang dilaksanakan pada periode Juni hingga Agustus 2025. Kegiatan penelitian dilakukan di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas setelah memperoleh izin dan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan nomor 1673/KEPK/FKUMSU/2025.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara Indeks Macruz yang diperoleh melalui pemeriksaan elektrokardiografi dengan nilai LAVI pada pasien gagal jantung kronis di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas.

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode non-probability sampling menggunakan pendekatan consecutive sampling. Sampel penelitian mencakup 39 pasien gagal jantung kronis yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi selama periode penelitian.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari rekam medis pasien, mencakup hasil pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) untuk menentukan Indeks Macruz serta pemeriksaan ekokardiografi 2D untuk menilai nilai LAVI.

Analisis data dilakukan melalui pendekatan univariat dan bivariat. Analisis univariat bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik subjek penelitian, sedangkan analisis bivariat digunakan untuk menilai hubungan antarvariabel dengan uji Chi-square. Pengujian dilakukan pada tingkat signifikansi (α) 5% dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila terdapat sel dengan nilai frekuensi harapan kurang dari 5, maka digunakan uji alternatif Fisher's Exact untuk menjaga validitas hasil analisis. Prosedur ini bertujuan menentukan ada tidaknya hubungan antara Indeks Macruz dan nilai LAVI pada pasien gagal jantung kronis di Rumah Sakit Mitra Medika Amplas, dengan batas kemaknaan $p < 0,05$.

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Analisis Univariat

Distribusi Frekuensi Berdasarkan Karakteristik Sampel Penelitian

Tabel 4. 1 Distribusi Frekuensi Usia, Jenis Kelamin

Variabel	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Usia		
31-40	1	2.6
41-50	7	17.9
51-60	11	28.2
61-70	16	41.0
71-80	2	5.1
81-90	2	5.1
Jenis Kelamin		
Laki-laki	19	48.7
Perempuan	20	51.3

Berdasarkan tabel distribusi karakteristik responden, sebagian besar responden berada pada kelompok usia 61–70 tahun sebanyak 16 orang (41,0%). Kelompok usia berikutnya adalah 51–60 tahun dengan 11 orang (28,2%) dan usia 41–50 tahun sebanyak 7 orang (17,9%). Responden berusia 71–80 tahun dan 81–90 tahun masing-masing berjumlah 2 orang (5,1%), sedangkan kelompok usia 31–40 tahun merupakan yang paling sedikit, yaitu 1 orang (2,6%).

Berdasarkan distribusi jenis kelamin, mayoritas responden adalah perempuan sebanyak 20 orang (51,3%), sementara laki-laki berjumlah 19 orang

(48,7%). Hal ini menunjukkan bahwa komposisi responden berdasarkan jenis kelamin relatif seimbang, dengan sedikit dominasi pada kelompok perempuan.

Tabel 4. 2 Uji Normalitas Usia

Variabel	Statistik Uji	df	Sig. (p-value)
Usia	0.959	39	0,166

Uji normalitas terhadap data usia dilakukan menggunakan metode Shapiro–Wilk mengingat jumlah sampel kurang dari 50 responden. Hasil pengujian menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,166 ($p > 0,05$), yang mengindikasikan bahwa distribusi data usia bersifat normal. Oleh karena itu, data usia memenuhi asumsi normalitas dan layak digunakan dalam analisis statistik parametrik pada tahap berikutnya.

Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Hipertensi, Diabetes Mellitus, Riwayat PCI, Riwayat CABG, Riwayat Stroke, dan Riwayat Tiroid

Pasien Gagal Jantung Kongestif (CHF)	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Hipertensi		
Tidak	15	38.5
Ya	34	61.5
Diabetes Mellitus		
Tidak	30	76.9
Ya	9	23.1
Riwayat PCI		
Tidak	33	84.6
Ya	6	15.4

Riwayat CABG		
Tidak	39	100
Ya	0	0
Riwayat Stroke		
Tidak	35	89.7
Ya	4	10.3
Riwayat Penyakit Tiroid		
Tidak	38	97.4
Ya	1	2.6

Berdasarkan tabel karakteristik klinis pasien gagal jantung kongestif (CHF), sebagian besar responden memiliki riwayat hipertensi, yaitu sebanyak 34 orang (61,5%), sedangkan yang tidak memiliki hipertensi berjumlah 15 orang (38,5%).

Pada variabel diabetes mellitus, mayoritas responden tidak memiliki riwayat diabetes, yaitu sebanyak 30 orang (76,9%), sementara responden dengan diabetes mellitus berjumlah 9 orang (23,1%).

Berdasarkan riwayat tindakan PCI, sebagian besar responden tidak memiliki riwayat PCI, yaitu sebanyak 33 orang (84,6%), sedangkan yang memiliki riwayat PCI hanya 6 orang (15,4%).

Seluruh responden tidak memiliki riwayat CABG (39 orang; 100%), dan tidak terdapat responden dengan riwayat CABG (0%).

Pada variabel riwayat stroke, mayoritas responden tidak memiliki riwayat stroke, yaitu sebanyak 35 orang (89,7%), sedangkan yang memiliki riwayat stroke berjumlah 4 orang (10,3%).

Selain itu, hampir seluruh responden tidak memiliki riwayat penyakit tiroid, yaitu sebanyak 38 orang (97,4%), dan hanya 1 orang (2,6%) yang memiliki riwayat penyakit tiroid.

Tabel 4. 4 Distribusi Frekuensi Indeks Macruz

Indeks Macruz	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Normal	23	59
Tinggi	16	41

Berdasarkan tabel distribusi indeks Macruz, sebagian besar responden memiliki indeks Macruz normal, yaitu sebanyak 23 orang (59%). Sementara itu, responden dengan indeks Macruz tinggi berjumlah 16 orang (41%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas pasien berada pada kategori indeks Macruz normal, meskipun proporsi dengan indeks Macruz tinggi juga cukup besar.

Tabel 4. 5 Distribusi Frekuensi LAVI

LAVI	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Normal	33	84.6
Pembesaran Ringan	3	7.7
Pembesaran Sedang	3	7.7
Pembesaran Berat	0	0

Berdasarkan tabel distribusi LAVI, mayoritas responden berada pada kategori normal, yaitu sebanyak 33 orang (84,6%). Sementara itu, responden dengan LAVI ringan dan sedang masing-masing berjumlah 3 orang (7,7%). Tidak terdapat responden dengan LAVI berat (0%). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien memiliki ukuran atrium kiri dalam batas normal.

4.1.2. Analisis Bivariat

Tabel 4. 6 Hubungan Antara Indeks Macruz dan LAVI (*Fisher's Exact Test*)

Indeks Macruz	LAVI				Total	Uji	p- value
	Normal	Pembesaran Ringan	Pembesaran Sedang	Pembesaran Berat			
Normal	18	3	2	0	23	Fisher's Exact Test	0.446
Tinggi	15	0	1	0	16		
Total	33	3	3	0	39		

Berdasarkan tabel hubungan antara indeks Macruz dan LAVI, mayoritas responden dengan indeks Macruz normal memiliki LAVI normal, yaitu sebanyak 18 orang dari 23 responden. Pada kelompok ini, sebagian kecil responden memiliki LAVI ringan (3 orang) dan LAVI sedang (2 orang), serta tidak terdapat responden dengan LAVI tinggi.

Pada kelompok responden dengan indeks Macruz tinggi, sebagian besar juga memiliki LAVI normal, yaitu sebanyak 15 orang dari 16 responden. Hanya 1 orang yang memiliki LAVI sedang, dan tidak terdapat responden dengan LAVI ringan maupun tinggi pada kelompok ini.

Hasil uji statistik menggunakan Fisher's Exact Test menunjukkan nilai $p = 0,446$, yang berarti tidak terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara indeks Macruz dan LAVI ($p > 0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini, indeks Macruz tidak berhubungan secara signifikan dengan derajat LAVI pada responden.

Untuk memperkuat hasil analisis bivariat secara kategorik menggunakan uji Fisher's Exact Test, selanjutnya dilakukan analisis korelasi menggunakan uji

Spearman. Uji ini digunakan untuk menilai arah dan kekuatan hubungan antara indeks Macruz dan derajat LAVI berdasarkan skala ordinal.

Tabel 4. 7 Korelasi Indeks Macruz dan LAVI (Uji Spearman)

Indeks Macruz	LAVI			Total	r	p-value
	Normal	Pembesaran Ringan	Pembesaran Sedang			
Normal	18	3	2	23	-0,199	0,224
Tinggi	15	0	1	16		
Total	33	3	3	39		

Berdasarkan Tabel 4.6, hasil uji korelasi Spearman menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar $-0,199$ dengan nilai $p = 0,224$. Nilai p yang lebih besar dari $0,05$ menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara indeks Macruz dan derajat LAVI. Nilai koefisien korelasi yang mendekati nol menunjukkan bahwa kekuatan hubungan antara kedua variabel sangat lemah, dengan arah hubungan yang negatif, yang berarti peningkatan indeks Macruz cenderung diikuti oleh penurunan derajat LAVI, meskipun hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik.

Dengan demikian, baik analisis bivariat menggunakan uji Fisher's Exact Test maupun analisis korelasi Spearman menunjukkan hasil yang konsisten, yaitu tidak terdapat hubungan yang bermakna antara indeks Macruz dan derajat LAVI pada responden penelitian ini.

Tabel 4. 8 Korelasi Numerik Indeks Macruz dan LAVI

Variabel 1	Variabel 2	Uji Korelasi	r / ρ	p-value	n
Indeks Macruz	LAVI	Spearman	$-0,025$	0,880	39

Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan koefisien korelasi (ρ) sebesar $-0,025$ dengan nilai signifikansi $p = 0,880$. Karena nilai p lebih besar dari $0,05$, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara Indeks Macruz dan nilai Left Atrial Volume Index (LAVI) dalam bentuk numerik. Koefisien korelasi yang mendekati nol menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat lemah dengan arah negatif, yang berarti peningkatan Indeks Macruz cenderung diikuti penurunan nilai LAVI, meskipun hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik.

Hasil analisis korelasi menggunakan uji Spearman pada variabel numerik ini sejalan dengan hasil analisis bivariat secara kategorik menggunakan uji Fisher's Exact Test, yang sama-sama menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara Indeks Macruz dan LAVI pada responden penelitian.

4.1.3. Uji Sensitivitas dan Spesifisitas

Uji ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan diagnostik Indeks Macruz sebagai alat skrining elektrokardiografi dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis dengan menggunakan LAVI sebagai standar emas. Evaluasi dilakukan melalui analisis sensitivitas, spesifisitas, serta nilai prediktif berdasarkan tabel kontingensi 2×2 , guna menggambarkan potensi dan keterbatasan Indeks Macruz sebagai metode skrining non-invasif di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan akses ekokardiografi.

Tabel 4. 9 Kontingensi Indeks Macruz terhadap LAVI

Indeks Macruz	LAVI Normal	LAVI Meningkat	Total
Normal	18	5	23
Membesar	15	1	16
Total	33	6	39

Keterangan:

- LAVI normal: $< 34 \text{ mL/m}^2$
- LAVI meningkat: $\geq 34 \text{ mL/m}^2$
- Indeks Macruz membesar: $> 1,6$

Tabel 4. 10 Nilai Sensitivitas dan Spesifisitas Indeks Macruz terhadap LAVI

Parameter Diagnostik	Nilai
Sensitivitas	16,7%
Spesifisitas	54,5%
Nilai Prediktif Positif (PPV)	6,3%
Nilai Prediktif Negatif (NPV)	78,3%

Perhitungan Nilai Sensitivitas dan Spesifisitas

Berdasarkan Tabel 4.8 diperoleh True Positive (TP) = 1, False Negative (FN) = 5, False Positive (FP) = 15, dan True Negative (TN) = 18

Sensitivitas dihitung dengan rumus:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% = \frac{1}{1 + 5} \times 100\% = 16,7\%$$

Spesifisitas dihitung dengan rumus:

$$\text{Spesifisitas} = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\% = \frac{18}{18 + 15} \times 100\% = 54,5\%$$

Nilai Prediktif Positif (PPV):

$$\text{PPV} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% = \frac{1}{1 + 15} \times 100\% = 6,3\%$$

Nilai Prediktif Negatif (NPV):

$$NPV = \frac{TN}{TN + FN} \times 100\% = \frac{18}{18 + 5} \times 100\% = 78,3\%$$

Hasil analisis menunjukkan bahwa Indeks Macruz memiliki sensitivitas yang rendah (16,7%) dan spesifisitas sedang (54,5%) dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri. Nilai prediktif positif yang rendah (6,3%) mencerminkan keterbatasan Indeks Macruz dalam mengidentifikasi pasien dengan peningkatan LAVI, sedangkan nilai prediktif negatif yang relatif lebih tinggi (78,3%) menunjukkan bahwa hasil Indeks Macruz normal lebih sering berkorelasi dengan kondisi atrium kiri yang normal. Temuan ini menunjukkan bahwa Indeks Macruz belum memiliki akurasi diagnostik yang memadai untuk digunakan sebagai alat skrining tunggal dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis.

4.2. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menilai hubungan antara Indeks Macruz dan LAVI pada pasien CHF. Berdasarkan hasil uji statistik, hubungan antara kedua variabel tersebut tidak menunjukkan hasil yang signifikan. Temuan ini tidak semata-mata menunjukkan bahwa hubungan tersebut secara fisiologis tidak ada, melainkan lebih mungkin dipengaruhi oleh keterbatasan desain penelitian, khususnya terkait karakteristik populasi, distribusi nilai LAVI yang sempit, serta ukuran sampel yang kurang merepresentasikan spektrum pembesaran atrium kiri secara luas. Kondisi ini berpotensi menurunkan kekuatan analisis statistik dalam mendeteksi hubungan yang sesungguhnya ada antara parameter elektrokardiografi dan ukuran struktural atrium kiri, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat sepenuhnya merefleksikan hubungan fisiologis yang sebenarnya.⁴⁴

Secara fisiologis, Indeks Macruz merupakan rasio antara durasi gelombang P dan segmen PR yang mencerminkan konduksi listrik atrium kiri, namun parameter ini tidak secara langsung menggambarkan perubahan struktural atau volumetrik atrium kiri. Hal ini karena EKG menggambarkan aktivitas listrik dan bukan ukuran anatomi struktural jantung secara langsung.⁴⁵

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensitivitas dan spesifisitas kriteria EKG dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri relatif sedang sampai rendah bila dibandingkan dengan pemeriksaan ekokardiografi sebagai *gold standard* volumetrik atrium kiri. Sebagai contoh, sebuah studi melaporkan bahwa sensitivitas dan spesifisitas ECG untuk mendeteksi pembesaran atrium kiri masing-masing adalah 54.4% dan 57.1% bila dibandingkan langsung dengan ekokardiografi dua dimensi sebagai standar referensi.⁴⁴ Sebelumnya, studi klasik lain menunjukkan sensitivitas EKG yang bervariasi tergantung kriteria yang dipakai (misalnya durasi negatif fase P V1 > 40 ms memiliki sensitivitas 83% dan spesifisitas 80%, sedangkan P terminal force lebih negatif dari -0.04 mm·s memiliki sensitivitas 69% dan spesifisitas 93%).⁴⁶

Selain itu, kriteria pembesaran atrium kiri pada pemeriksaan elektrokardiografi (EKG) seperti gelombang P yang melebar (misalnya durasi $\geq 0,12$ detik pada lead II) juga memiliki keterbatasan akurasi diagnosis. Hal ini karena EKG lebih merefleksikan perubahan konduksi listrik dibandingkan perubahan anatomi aktual atrium kiri, sehingga pembesaran atrium kiri yang terdeteksi melalui EKG tidak selalu berkorelasi dengan temuan ekokardiografi.⁴⁵ Oleh karena itu, penilaian pembesaran atrium kiri sebaiknya tidak hanya mengandalkan EKG semata, melainkan perlu dikonfirmasi dengan modalitas pencitraan seperti ekokardiografi.

Dalam penelitian ini, seluruh populasi penelitian termasuk dalam kategori LAVI normal hingga ringan, dan tidak ditemukan pasien dengan pembesaran atrium kiri berat, yang berpotensi membatasi variasi data dan menurunkan kekuatan analisis korelasi antara Indeks Macruz dan LAVI. Rentang variasi data yang sempit ini dapat menyebabkan hubungan statistik tidak mencapai tingkat signifikansi karena *ceiling effect* atau kurangnya distribusi variabel abnormal yang cukup lebar untuk dianalisis secara bermakna.⁴⁴

Beberapa literatur juga menunjukkan bahwa diameter atau volume atrium kiri (LAVI) dipengaruhi oleh berbagai faktor hemodinamik dan struktural seperti

tekanan pengisian ventrikel kiri, hipertrofi ventrikel kiri, usia, serta derajat disfungsi diastolik yang tidak selalu mencerminkan perubahan sederhana pada konduksi listrik atrium. Dengan demikian, tidak adanya hubungan signifikan antara Indeks Macruz dan LAVI pada penelitian ini dapat dijelaskan karena LAVI lebih merefleksikan perubahan struktural dan hemodinamik secara komprehensif, sementara Indeks Macruz merefleksikan perubahan konduksi listrik yang tidak selalu sejalan dengan perubahan volumetrik atrium kiri.⁴⁴

Selain keterbatasan intrinsik EKG dalam merepresentasikan perubahan struktural jantung, akurasi Indeks Macruz dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri juga dipengaruhi oleh faktor antropometri dan teknis perekaman elektrokardiografi. Ukuran tubuh pasien, seperti indeks massa tubuh dan diameter anteroposterior toraks, dapat memengaruhi amplitudo dan durasi gelombang P yang terekam pada EKG. Pada pasien dengan obesitas atau peningkatan jaringan subkutan, sinyal listrik jantung dapat teredam sehingga perubahan konduksi atrium kiri tidak terekam secara optimal, meskipun secara struktural telah terjadi pembesaran atrium kiri berdasarkan ekokardiografi.⁴⁷

Pada pasien gagal jantung yang mengalami perbaikan fraksi ejeksi setelah terapi optimal, dapat terjadi remodelling positif (left atrial reverse remodeling) pada atrium kiri. Berdasarkan penelitian yang menilai perubahan ekokardiografi dari saat perawatan awal hingga evaluasi ulang 6 bulan kemudian, remodelling positif didefinisikan sebagai penurunan diameter atrium kiri $\geq 5\%$ pada pemeriksaan follow-up. Perubahan ini mencerminkan penurunan tekanan pengisian ventrikel kiri serta berkurangnya beban tekanan dan volume kronis terhadap atrium kiri. Dengan demikian, reverse remodeling atrium kiri merupakan proses dinamis yang dapat terjadi minimal setelah 6 bulan pengobatan dan berkaitan dengan perbaikan fungsi ventrikel kiri. Meskipun ukuran atrium dapat mengecil, perubahan struktural dan elektrik tidak selalu berlangsung secara paralel, sehingga parameter elektrokardiografik seperti durasi gelombang P tidak selalu merefleksikan perubahan anatomi secara langsung.⁴⁸

Pemilihan pasien CHF pada penelitian ini dilakukan karena penilaian klinis berbasis gejala merupakan langkah awal penting dalam diagnosis dan evaluasi penyakit jantung. Namun, heterogenitas kondisi klinis pasien CHF seperti variasi fraksi ejeksi, status volume intravaskular, dan adanya komorbiditas menjadikan hubungan antara parameter EKG dan ukuran atrium kiri lebih kompleks daripada populasi yang homogen. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai keterbatasan penggunaan EKG (khususnya Indeks Macruz) dalam menilai pembesaran atrium kiri pada populasi pasien CHF.

Sebagai analisis tambahan, penelitian ini juga mengevaluasi sensitivitas dan spesifisitas Indeks Macruz dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri dengan menggunakan LAVI sebagai standar emas. Hasil analisis menunjukkan bahwa Indeks Macruz memiliki sensitivitas yang rendah, yang menandakan keterbatasan parameter ini dalam mengidentifikasi pasien dengan pembesaran atrium kiri secara akurat. Rendahnya sensitivitas menunjukkan bahwa sebagian besar pasien dengan LAVI meningkat tidak terdeteksi melalui Indeks Macruz, sehingga penggunaannya sebagai alat skrining tunggal berpotensi menyebabkan terlewatnya kasus pembesaran atrium kiri.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini, sebagian besar pasien gagal jantung kronis memiliki Indeks Macruz dan nilai LAVI dalam kategori normal hingga pembesaran ringan. Hasil analisis menunjukkan tidak terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara Indeks Macruz dan LAVI, dengan kekuatan korelasi yang sangat lemah. Hal ini menandakan bahwa perubahan konduksi listrik atrium yang tercermin pada Indeks Macruz tidak selalu sejalan dengan perubahan struktural atrium kiri yang dinilai melalui LAVI.

Selain itu, hasil uji sensitivitas dan spesifisitas menunjukkan bahwa Indeks Macruz memiliki sensitivitas yang rendah dan spesifisitas yang sedang dalam mendeteksi pembesaran atrium kiri, sehingga parameter ini belum dapat digunakan sebagai indikator awal yang andal. Oleh karena itu, pemeriksaan ekokardiografi tetap diperlukan sebagai metode utama dalam menilai pembesaran atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis.

5.2. Saran

1. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah sampel yang lebih besar dan distribusi kategori LAVI yang lebih merata, serta mempertimbangkan desain longitudinal agar dapat menilai hubungan perubahan elektrik dan struktural atrium kiri secara lebih komprehensif pada pasien gagal jantung kronis.

2. Pengembangan Variabel Penelitian

Peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi parameter elektrokardiografi lain, seperti durasi gelombang P, *P-wave dispersion*, atau *P-terminal force in lead V1*, serta mengombinasikannya dengan parameter ekokardiografi lain untuk meningkatkan akurasi dalam menilai remodeling atrium kiri.

3. Implikasi Klinis

Bagi praktisi klinis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bahwa Indeks Macruz tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal untuk menilai pembesaran atrium kiri, sehingga pemeriksaan ekokardiografi dengan pengukuran LAVI tetap diperlukan dalam evaluasi struktural atrium kiri pada pasien gagal jantung kronis.

4. Pengendalian Faktor Perancu

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memasukkan variabel klinis lain seperti durasi gagal jantung, fraksi ejeksi ventrikel kiri, derajat disfungsi diastolik, serta jenis dan kepatuhan terapi, guna mengurangi pengaruh faktor perancu dan memperoleh hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yan T, Zhu S, Yin X, et al. Burden, Trends, and Inequalities of Heart Failure Globally, 1990 to 2019: A Secondary Analysis Based on the Global Burden of Disease 2019 Study. *J Am Heart Assoc.* 2023;12(6). doi:10.1161/JAHA.122.027852
2. Indonesian Ministry Of Health Development Policy Board. Indonesian Health Survey (Survei Kesehatan Indonesia) 2023. *Minist Heal.* Published online 2023;1-68.
3. Siswanto BB. Konsensus Tatalaksana Cairan Pada Gagal Jantung. *Konsensus Tatalaksana Cairan Pada Gagal Jantung.* Published online 2020:37-42.
4. PERKI 2023. *Pedomam Tatalaksana Penyakit Gagal Jantung.*; 2023. <http://www.nber.org/papers/w16019>
5. Inciardi RM, Giugliano RP, Claggett B, et al. Left atrial structure and function and the risk of death or heart failure in atrial fibrillation. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(12):1571-1579. doi:10.1002/ejhf.1606
6. Jin X, Nauta JF, Hung CL, et al. Left atrial structure and function in heart failure with reduced (HFrEF) versus preserved ejection fraction (HFpEF): systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev.* 2022;27(5):1933-1955. doi:10.1007/s10741-021-10204-8
7. el Mathari S, Hopman LHGA, Bouchnaf C, et al. Clinical implications of different methods to assess left atrial remodeling: A comparative study between echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging for left atrial volume index quantification. *Int J Cardiol.* 2024;414(April). doi:10.1016/j.ijcard.2024.132443
8. Güzel T, Kış M, Şenöz O. The correlation between the left atrial volume

- index and atrial fibrillation development in heart failure with mildly reduced ejection fraction and long-term follow-up results. *Acta Cardiol.* 2022;77(7):647-654. doi:10.1080/00015385.2022.2067674
9. Khan MA, Yang EY, Zhan Y, et al. Association of left atrial volume index and all-cause mortality in patients referred for routine cardiovascular magnetic resonance: A multicenter study. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2019;21(1):1-12. doi:10.1186/s12968-018-0517-0
 10. Balci KG, Balci MM, Maden O, et al. Usefulness of the Macruz Index for Predicting Successful Percutaneous Mitral Balloon Valvuloplasty in Patients with Mitral Stenosis. *Med Princ Pract.* 2016;25(2):110-116. doi:10.1159/000442201
 11. Naqvi DA, Shadani DAK, Gupta DS. Study of Detection of Left Atrial Enlargement by Echocardiography and ECG Correlation in Cardiac and Non-Cardiac Diseases. *Int J Sci Healthc Res.* 2022;7(2):173-182. doi:10.52403/ijshr.20220426
 12. Aiwuyo HO, Osarenkhoe JO, Umuerrri EM, Aigbe FI, Obasohan A. Association Between Electrocardiographic Left Atrial Enlargement and Echocardiographic Left Atrial Indices Among Hypertensive Subjects in a Tertiary Hospital in South South Nigeria. *Cureus.* 2023;i(1):1-6. doi:10.7759/cureus.34330
 13. Zhou J, Li A, Tan M, et al. P-wave durations from automated electrocardiogram analysis to predict atrial fibrillation and mortality in heart failure. *ESC Hear Fail.* 2023;10(2):872-883. doi:10.1002/ehf2.14230
 14. Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, et al. 2022 *AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines.* Vol 145.; 2022. doi:10.1161/CIR.0000000000001063

15. A H. Perbedaan Karakteristik Pasien CHF (Chronic Heart Failure) Pada Usia Dewasa Dan Usia Lanjut Serta Hubungannya Dengan Kematian Selama Perawatan. *J Ilm Simantek*. 2022;6(3):53-57.
16. Setiati S, Alwi I, Sudoyo A, Simadibrata M, Setiyohadi B FA. Ilmu Penyakit Dalam Jilid 1 Edisi 6. In: ; 2014.
17. Putri. AS. Faktor Resiko Penderita Congestive Heart Failure Di RS DR. Wahidin Sudirohusodo Makasar Periode Januari-Desember 2018. In: Univ Hasanuddin; 2020:5-6.
18. Caraballo C, Desai NR, Mulder H, et al. Clinical Implications of the New York Heart Association Classification. *J Am Heart Assoc*. 2019;8(23):1-6. doi:10.1161/JAHA.119.014240
19. Co M&. New York Heart Association (NYHA) Classification of Heart Failure. Merck Manual Professional Version. Published 2025. Accessed August 17, 2025. <https://www.merckmanuals.com/professional/multimedia/table/new-york-heart-association-nyha-classification-of-heart-failure>
20. Angela Ryan Lee M. 4 Stages of Congestive Heart Failure: What Each Stage Means. Verywell Health. Published 2023. Accessed August 17, 2025. <https://www.verywellhealth.com/what-are-the-4-stages-of-congestive-heart-failure-7972124>
21. Lilly LS. *Pathophysiology of Heart Disease*. 7th ed. Wolters Kluwer; 2021.
22. Yogiarto M. *Buku Ajar Kegawatdaruratan Kardiovaskular Berbasis Standar Nasional Pendidikan Profesi Dokter*. Airlangga University Press; 2020.
23. Macruz R, JK Perloff CC. A method for the electrocardiographic recognition of atrial enlargement. *Circulation*. 1958;17(5):882–889.
24. Human, G. P., & Snyman HW. he value of the Macruz index in the

- diagnosis of atrial enlargement. *Circulation*. Published online 1963.
25. Ed Burns RB. QT Interval. ECG Library. LITFL. Published 2024. Accessed August 22, 2025. <https://litfl.com/qt-interval-ecg-library/>
 26. George S. Left Atrial Volume Index in Patients with Dilated Cardiomyopathy—Correlation with Left Ventricular Function. *World J Cardiovasc Dis*. 2016;06(09):312-319. doi:10.4236/wjcd.2016.69035
 27. Tamura H, Watanabe T, Nishiyama S, et al. Increased left atrial volume index predicts a poor prognosis in patients with heart failure. *J Card Fail*. 2011;17(3):210-216. doi:10.1016/j.cardfail.2010.10.006
 28. Alajaji W, Costantini O, Taigen TL, Iler MA. Left atrial volume by cardiac CTA prior to catheter ablation: comparison to echocardiography and association with recurrent atrial fibrillation. *BMC Res Notes*. 2023;16(1):1-8. doi:10.1186/s13104-023-06313-2
 29. Tomlinson S, Scalia GM, Appadurai V, et al. Left atrial reservoir strain provides incremental value to left atrial volume index for evaluation of left ventricular filling pressure. *Echocardiography*. 2021;38(9):1503-1513. doi:10.1111/echo.15157
 30. Gehlken C, Screever EM, Suthahar N, et al. Left atrial volume and left ventricular mass indices in heart failure with preserved and reduced ejection fraction. *ESC Hear Fail*. 2021;8(4):2458-2466. doi:10.1002/ehf2.13366
 31. Iliadis C, Kalbacher D, Lurz P, et al. Left atrial volume index and outcome after transcatheter edge-to-edge valve repair for secondary mitral regurgitation. *Eur J Heart Fail*. 2022;24(7):1282-1292. doi:10.1002/ejhf.2565
 32. Vidula MK, Chirinos JA. Left Atrial Coupling Index and Its Prognostic Value in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc*

- Imaging*. 2021;14(1):E012221. doi:10.1161/CIRCIMAGING.120.012221
33. Ahmeti A, Bytyçi FS, Bielecka-Dabrowa A, Bytyçi I, Henein MY. Prognostic value of left atrial volume index in acute coronary syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2021;41(2):128-135. doi:10.1111/cpf.12689
 34. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(1):1-64. doi:10.1016/j.echo.2018.06.004
 35. Lang RM, Badano LP, Victor MA, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.e14. doi:10.1016/j.echo.2014.10.003
 36. Braunwald E. *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 12th ed. Elsevier; 2022.
 37. Jameson JL, Fauci AS, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Loscalzo J. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 21st ed. McGraw-Hill; 2022.
 38. Lilly LS. *Pathophysiology of Heart Disease: A Collaborative Project of Medical Students and Faculty*. 6th ed. Wolters Kluwer; 2016.
 39. Ibrahim IM, Hafez H, Al-Shair MHA, El Zayat A. Echocardiographic parameters differentiating heart failure with preserved ejection fraction from asymptomatic left ventricular diastolic dysfunction. *Echocardiography*. 2020;37(2):247-252. doi:10.1111/echo.14579
 40. Surkova E, Badano LP, Genovese D, et al. Clinical and Prognostic Implications of Methods and Partition Values Used to Assess Left Atrial Volume by Two-Dimensional Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*.

2017;30(11):1119-1129. doi:10.1016/j.echo.2017.07.015

41. Obokata M, Takeuchi M, Negishi K, et al. Relation Between Echocardiogram-Based Cardiac Parameters and Outcome in Heart Failure With Preserved and Reduced Ejection Fraction. *Am J Cardiol.* 2016;118(9):1356-1362. doi:10.1016/j.amjcard.2016.07.060
42. Yokota A, Kabutoya T, Hoshide S, Kario K. Automatically assessed P-wave predicts cardiac events independently of left atrial enlargement in patients with cardiovascular risks: The Japan Morning Surge-Home Blood Pressure Study. *J Clin Hypertens.* 2021;23(2):301-308. doi:10.1111/jch.14136
43. Van Ommen AM, Kessler EL, Valstar G, et al. Electrocardiographic Features of Left Ventricular Diastolic Dysfunction and Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Systematic Review. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8(December). doi:10.3389/fcvm.2021.772803
44. Batra MK, Khan A, Farooq F, Masood T, Karim M. Assessment of electrocardiographic criteria of left atrial enlargement. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2018;26(4):273-276. doi:10.1177/0218492318768131
45. Tsao CW, Josephson ME, Hauser TH, et al. Accuracy of electrocardiographic criteria for atrial enlargement: validation with cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson Off J Soc Cardiovasc Magn Reson.* 2008;10(1):7. doi:10.1186/1532-429X-10-7
46. Munuswamy K, Alpert MA, Martin RH, Whiting RB, Mechlin NJ. Sensitivity and specificity of commonly used electrocardiographic criteria for left atrial enlargement determined by M-mode echocardiography. *Am J Cardiol.* 1984;53(6):829-832. doi:10.1016/0002-9149(84)90413-2
47. Hancock EW, Deal BJ, Mirvis DM, et al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part V: electrocardiogram changes associated with

cardiac chamber hypertrophy: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53(11):992-1002. doi:10.1016/j.jacc.2008.12.015

48. Shiba M, Kato T, Morimoto T, Yaku H, Inuzuka Y. Left atrial reverse remodeling improves risk stratification in patients with heart failure with recovered ejection fraction. *Sci Rep.* Published online 2022:1-9. doi:10.1038/s41598-022-08630-1

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Informed Consent

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :
 Umur :
 Alamat :
 Jenis Kelamin :

Dengan ini menyatakan **bersedia menjadi responden** pada penelitian yang dilakukan oleh:

Nama : **Muhammad Lutfi**
 NPM : **2208260252**
 Institusi : **Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan**
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
 Tempat Penelitian : **RS Mitra Medika Amplas**

Judul Penelitian :
“Hubungan antara Indeks Macruz Berdasarkan Elektrokardiografi dengan Nilai Left Atrial Volume Index pada Pasien Gagal Jantung Kronis di RS Mitra Medika Amplas”

Saya telah mendapatkan penjelasan mengenai tujuan, prosedur, manfaat, serta risiko yang mungkin timbul dari penelitian ini. Saya memahami bahwa **keikutsertaan saya dalam penelitian ini bersifat sukarela**, dan saya berhak untuk mengundurkan diri kapan saja tanpa adanya konsekuensi apa pun terhadap pelayanan kesehatan yang saya terima.

Saya juga memahami bahwa **seluruh data dan identitas pribadi saya akan dijaga kerahasiaannya** dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian ilmiah.

Dengan ini saya menyatakan **bersedia berpartisipasi sebagai responden** dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Medan, 2025

Responden

(tanda tangan)

(.....)

Lampiran 2. Ethical Clearance



UMSU
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FACULTY OF MEDICINE UNIVERSITY OF MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL APPROVAL
"ETHICAL APPROVAL"
No : 1673/KEPKFKUMSU/2025

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
The Research protocol proposed by

Peneliti Utama : Muhammad Lutfi
Principal in investigator

Nama Institusi : Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Name of the Institution Faculty of Medicine University of Muhammadiyah Sumatera Utara

Dengan Judul
Title

"HUBUNGAN ANTARA INDEKS MACRUZ BERDASARKAN ELEKTROKARDIOGRAFI DENGAN NILAI LEFT ATRIUM VOLUME INDEX PADA PASIEN GAGAL JANTUNG KRONIS DI RS MITRA MEDIKA AMPLAS"

"THE RELATIONSHIP BETWEEN MACRUZ INDEX BASED ON ELECTROCARDIOGRAPHY AND LEFT ATRIAL VOLUME INDEX IN PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE AT MITRA MEDIKA AMPLAS HOSPITAL"

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah
3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan / Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan
7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang menunjuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion / Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicator of each standard

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 24 September 2025 sampai dengan tanggal 24 September 2026
The declaration of ethics applies during the periode September 24, 2025 until September 24, 2026



Medan, 24 September 2025
Ketua
Assoo. Prof. Dr. dr. Nurfadly, MKT

Lampiran 3. Dokumentasi



Lampiran 4. Analisis SPSS

RiwayatCABG

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	39	100.0	100.0	100.0

Stroke

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	35	89.7	89.7	89.7
	Ya	4	10.3	10.3	100.0
	Total	39	100.0	100.0	

Tiroid

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	38	97.4	97.4	97.4
	Ya	1	2.6	2.6	100.0
	Total	39	100.0	100.0	

StatusMerokok

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Berhenti Merokok	12	30.8	30.8	30.8
	Masih Merokok	3	7.7	7.7	38.5
	Pernah Merokok	1	2.6	2.6	41.0
	Tidak Pernah Merokok	23	59.0	59.0	100.0
	Total	39	100.0	100.0	

LAViKategorik

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Normal	33	84.6	84.6	84.6
	Ringan	3	7.7	7.7	92.3
	Sedang	3	7.7	7.7	100.0
	Total	39	100.0	100.0	

MacruzKategorik

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Normal	23	59.0	59.0	59.0
	Tinggi	16	41.0	41.0	100.0
	Total	39	100.0	100.0	

MacruzKategorik * LAViKategorik Crosstabulation

Count

		LAViKategorik			
		Normal	Ringan	Sedang	Total
MacruzKategorik	Normal	18	3	2	23
	Tinggi	15	0	1	16
Total		33	3	3	39

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	2.428 ^a	2	.297	.446		
Likelihood Ratio	3.509	2	.173	.446		
Fisher's Exact Test	2.122			.446		
Linear-by-Linear Association	.892 ^b	1	.345	.422	.261	.148
N of Valid Cases	39					

a. 4 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.23.

b. The standardized statistic is -.945.

Nonparametric Correlations

Correlations

		MacruzKategorik	LAViKategorik
Spearman's rho	MacruzKategorik	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	39
	LAViKategorik	Correlation Coefficient	-.199
		Sig. (2-tailed)	.224
		N	39

MacruzKAT * LAVIKAT Crosstabulation

Count

		LAVIKAT		
		Normal	Meningkat	Total
MacruzKAT	Normal	18	5	23
	Membesar	15	1	16
Total		33	6	39

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
USIA	.131	39	.089	.959	39	.166

a. Lilliefors Significance Correction

Correlations

		IndeksMacruz	LAVI
Spearman's rho	IndeksMacruz	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	39
	LAVI	Correlation Coefficient	-.025
		Sig. (2-tailed)	.880
		N	39

Lampiran 5. Master Data

Nama Pasien	Usia	Jenis Kelamin	Indeks Macruz	LAVI
Rusdi	62	Laki Laki	1,65	45,48
Sudjijono	78	Laki Laki	1,54	46,18
Bambang Rilono	58	Laki Laki	1,54	16,83
Su2apti	60	Perempuan	2,77	17,84
Berliani	48	Perempuan	1,66	31,08
Khalil Akbar	50	Laki Laki	1,00	16,95
Bahrumsyah	62	Laki Laki	1,13	38,13
Safina	57	Perempuan	1,24	23,72
Yandari Dalimunthe	63	Laki Laki	1,14	36,15
Syahrul Siagian	62	Laki Laki	1,53	21,61
Santoso	56	Laki Laki	1,08	22,3
Sadiman	82	Laki Laki	1,00	19,9
Sugini	53	Perempuan	1,12	31,91
Andri Taufik	53	Laki Laki	1,82	18,41
Rosma Siregar	77	Perempuan	1,00	21,47
Nursirah Br Sianturi	62	Perempuan	1,51	46,53
Yan Harry Fauzi Nst	67	Laki Laki	1,15	21,95
Ismar Junaidi Sitorus	37	Laki Laki	1,97	25,1
Tengku Farida Hanim	58	Perempuan	4,44	23,57
Ernius	54	Laki Laki	0,81	31,39
Hersurdaryanti	61	Perempuan	1,07	29,29
Halimatusakdiah	44	Perempuan	2,59	15,2
Janter Aritonang	50	Laki Laki	1,15	24,26
Dewi Fitriana	69	Perempuan	2,04	25,07
Rohayani Lubis	66	Perempuan	1,17	23,54
Irvan	50	Laki Laki	2,75	31,07
Hotmaria situmeang	59	Perempuan	1,42	26,55
Umi kusnah	61	Perempuan	2,35	26,44
Mardiah Hsb	64	Perempuan	0,66	17,24
Nuriadi	64	Laki Laki	0,66	20,84
Sarini	49	Perempuan	1,32	40,18
Sujatik	62	Perempuan	1,00	23,99
Ahmad Bukhori Nasution	46	Laki Laki	1,77	21,21
Syafrani	63	Perempuan	1,84	33,68
Aisyah Hanum	59	Perempuan	2,94	16,85
M Jafar Siddiq	61	Laki Laki	1,07	21,99
Suratik	65	Perempuan	2,55	14,95
Hj Astiati SH	85	Perempuan	4,80	26,36
Indra Gunawan Noer	56	Laki Laki	1,67	25

RESEARCH ARTICLE

Diagnostic Accuracy of the Macruz Index Based on Electrocardiography in Detecting Left Atrial Enlargement According to Left Atrial Volume Index in Patients with Chronic Heart Failure at Mitra Medika Amplas Hospital

Muhammad Lutfi¹, Ahmad Handayani², Sheila Dhiene Putri³, Des Suryani⁴

¹*Faculty of Medicine, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

²*Department of Cardiology, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

*Corresponding Author: Ahmad Handayani Faculty of Medicine, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara*

Corresponding Email: ahmadhandayani@umsu.ac.id

Abstract

Background: Chronic heart failure carries a significant burden of morbidity and mortality and involves structural cardiac remodeling, including left atrial enlargement with important prognostic significance. While the Left Atrial Volume Index (LAVI), assessed through echocardiography, remains the gold standard for determining atrial size, limited access to echocardiography necessitates simpler screening alternatives. **Objective:** The present study aimed to assess the ability of the Macruz Index, derived from electrocardiography, to identify left atrial enlargement using LAVI as the reference benchmark among patients with chronic heart failure. **Methods:** In this diagnostic cross-sectional study, 39 individuals with chronic heart failure were recruited from Mitra Medika Amplas Hospital. The Macruz Index was derived from 12-lead ECG recordings, while LAVI was assessed by echocardiography. Diagnostic performance was analyzed using sensitivity, specificity, predictive values, and overall accuracy. **Results:** Analysis showed that the Macruz Index had low sensitivity (16.7%) and modest specificity (54.5%). A positive predictive value of 6.3% was observed, compared with a negative predictive value of 78.3%. Overall accuracy was 48.7%. **Conclusion:** The Macruz Index showed low sensitivity and limited discriminative ability for detecting left atrial enlargement, suggesting restricted usefulness as a standalone screening tool in chronic heart failure. Further studies with larger samples are needed.

Keywords: Macruz Index, Electrocardiography, LAVI, Chronic Heart Failure.

INTRODUCTION

Chronic heart failure remains a major global health problem despite advances in cardiovascular therapy.¹ The condition is characterized by impaired cardiac output and progressive structural remodeling that affects all cardiac chambers and contributes to adverse clinical outcomes.²

Chronic increases in left ventricular filling pressures and diastolic dysfunction lead to structural remodeling of the left atrium,³ which is linked to atrial fibrillation, stroke, and higher mortality among heart failure patients.⁴

Echocardiography is the primary modality for assessing left atrial size, with LAVI recognized as the most accurate and guideline-recommended parameter. LAVI reflects long-term hemodynamic burden and provides prognostic information beyond linear atrial dimensions.⁵

However, the availability of echocardiography remains limited in some healthcare settings, particularly in secondary hospitals and resource-limited areas. Accordingly, the development of cost-effective and user-friendly screening modalities is essential to facilitate early identification of individuals at risk for left atrial enlargement.⁶

In clinical practice, electrocardiography is broadly available and constitutes a routine examination in patients diagnosed

with heart failure. As an electrocardiographic parameter, the Macruz Indeks calculated using the proportion of P-wave duration relative to the PR segment has been proposed as a marker to assess left atrial enlargement., existing evidence regarding its diagnostic performance is inconclusive.⁷

This study was designed as an exploratory diagnostic analysis to provide preliminary insights into the ability of the Macruz Index to discriminate left atrial enlargement in the chronic heart failure population, using left atrial volume index as the reference standard. As this research was performed in a single institution and involved a relatively small number of participants, the results should be interpreted as preliminary and hypothesis generating findings rather than definitive or confirmatory. The results primarily aim to describe the observed diagnostic trends of the Macruz Index within this specific clinical context rather than to establish definitive diagnostic thresholds or clinical recommendations.

METHOD

This study employed a cross-sectional diagnostic design and was conducted at Mitra Medika Amplas Hospital. Patients diagnosed with chronic heart failure who received electrocardiography and

echocardiography were enrolled in this study.

This study included 39 patients selected through total sampling. Inclusion criteria were patients with chronic heart failure who had complete 12-lead electrocardiography and echocardiography data. Individuals presenting with atrial fibrillation,⁸ atrial flutter, or advanced atrioventricular block were excluded to avoid distortion of P-wave interpretation.⁹

The Macruz Index was calculated from standard 12-lead electrocardiography by measuring P-wave duration and PR segment duration. A Macruz Index value greater than 1.6 was classified as abnormal.¹⁰

This cut-off value was adopted from previous literature and may not represent an optimal or universally applicable threshold across different patient populations.

LAVI values were obtained from transthoracic echocardiography and determined by indexing left atrial volume to body surface area (BSA) based on current guideline recommendations. Left atrial enlargement was defined based on established LAVI cut-off values.^{4, 11}

A 2×2 contingency table was constructed using LAVI as the reference standard to evaluate

diagnostic performance, evaluated through standard diagnostic indicators, including sensitivity, specificity, PPV, NPV, and accuracy.

To assess how well the Macruz Index could identify left atrial enlargement, an ROC curve approach was employed, with LAVI serving as the benchmark measure. The discriminative performance was summarized as measured by the area under the curve (AUC), with higher values indicating better discriminatory performance.

RESULTS

Most participants were aged 61–70 years, and the distribution of sex was relatively balanced. Hypertension was the most common comorbidity, consistent with previous epidemiological data on chronic heart failure.¹² Electrocardiography assessment showed that 23 patients (59%) had a normal Macruz Index, while 16 patients (41%) had an elevated Macruz Index. Echocardiographic evaluation revealed that most patients had normal LAVI values (84.6%), with only a small proportion showing mild or moderate left atrial enlargement.⁶ This finding indicates a markedly imbalanced distribution of left atrial volume status, in the context of a relatively small proportion of left atrial enlargement among the participants.

Table 1. Diagnostic Performance of the Macruz Index Compared with LAVI

Macruz Index	LAVI Enlarged	LAVI Normal	Total
High	1	15	16
Normal	5	18	23
Total	6	33	39

Diagnostic performance analysis showed that the Macruz Index yielded yielded 16.7% sensitivity (95% CI: 0.4–64.1%), with specificity reaching 54.5% (95% CI: 36.4–71.9%). Its positive and negative predictive values were 6.3% (95% CI: 0.2–30.2%) and 78.3% (95% CI: 56.3–92.5%), respectively, resulting in an overall accuracy of 48.7%.

Based on ROC curve evaluation, the Macruz Index yielded an area under the curve of 0.36 (95% CI: 0.13–0.58), suggesting limited discriminatory capacity in identifying left atrial enlargement as defined by LAVI.

CONCLUSION

The Macruz Index demonstrated low sensitivity and limited diagnostic accuracy in detecting left atrial enlargement when compared with LAVI among patients with chronic heart failure. These findings suggest that the Macruz Index has limited utility as a standalone screening tool, and echocardiography remains

essential for accurate assessment of left atrial size.

ACKNOWLEDGMENTS

The findings of this study indicate that the Macruz Index provides limited diagnostic value in detecting left atrial enlargement in individuals with chronic heart failure. The very low sensitivity indicates that most patients with echocardiographically confirmed left atrial enlargement were not identified using this electrocardiography index.¹³

The Macruz Index reflects atrial electrical conduction rather than structural remodeling.¹⁴ In chronic heart failure, left atrial enlargement is driven by complex anatomical changes,¹⁵ including dilation and fibrosis, which may not be adequately captured by surface electrocardiography.¹⁶

The Macruz Index is derived by determining the proportion between P-wave duration and the PR segment, representing atrial electrical conduction activity rather than structural atrial size. In chronic heart failure, enlargement of the left atrium mainly results from persistent increases in left ventricular filling pressure, chronic atrial wall stress, and gradual development of myocardial fibrosis. These structural and histopathological changes may occur without proportional alterations in surface electrocardiographic parameters, particularly P-wave morphology.

Consequently, the Macruz Index may fail to accurately identify left atrial enlargement in this population, contributing to the low sensitivity observed in the present study.

Previous studies have reported that electrocardiography criteria for left atrial enlargement generally exhibit lower sensitivity than echocardiographic measurements, particularly when LAVI is used as the reference standard.¹⁷

The predominance of normal LAVI values in this study may have significantly influenced the diagnostic performance of the Macruz Index.¹⁸ A low prevalence of left atrial enlargement is known to reduce sensitivity and positive predictive value in diagnostic accuracy studies. This imbalance limits the variability of the reference standard and may underestimate the discriminative capacity of electrocardiographic indices, including the Macruz Index, particularly in relatively stable or early-stage heart failure populations.¹⁹

Predictive values are highly dependent on disease prevalence. Therefore, the very low positive predictive value observed in this study should be interpreted in the context of the low prevalence of left atrial enlargement in the study population, rather than as an inherent limitation of the Macruz Index itself.

The ROC analysis further confirmed the limited diagnostic performance of the Macruz Index. The ROC curve showed poor separation between patients with normal and enlarged LAVI, as reflected by the low AUC value. This finding suggests that the Macruz Index lacks sufficient discriminative power to reliably identify left atrial enlargement in the chronic heart failure population, especially when structural atrial remodeling occurs infrequently.

An AUC value below 0.5 with a wide confidence interval suggests that the Macruz Index performs no better than chance in discriminating left atrial enlargement. The wide confidence interval reflects the small number of patients with echocardiographically confirmed left atrial enlargement and is consistent with the exploratory nature of this study.

The diagnostic performance of the Macruz Index is also influenced by the choice of cut-off value. Electrocardiographic thresholds derived from prior studies may not be directly applicable to patients with chronic heart failure, as ECG parameters are affected by population characteristics, disease severity, and the reference standard used.

Overall, these findings support the view that electrocardiography, including the Macruz Index, should

not be used as a standalone modality to evaluate left atrial enlargement among patients with chronic heart failure.²⁰

REFERENCES

1. Yan T, Zhu S, Yin X, Xie C, Xue J, Zhu M, et al. Burden, Trends, and Inequalities of Heart Failure Globally, 1990 to 2019: A Secondary Analysis Based on the Global Burden of Disease 2019 Study. *J Am Heart Assoc.* 2023;12(6).
2. Hao Z, Xu G, Yuan M, Sun Y. The predictive value of changes in left atrial volume index for rehospitalization in heart failure with preserved ejection fraction. 2023;(September 2022):151–8.
3. Miao H. Study on the predictive value of left atrial volume index for the prognosis of patients with heart failure. 2025;7(2):53–60.
4. Jin X, Nauta JF, Hung CL, Ouwkerk W, Teng THK, Voors AA, et al. Left atrial structure and function in heart failure with reduced (HFrEF) versus preserved ejection fraction (HFpEF): systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev* [Internet]. 2022;27(5):1933–55. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10741-021-10204-8>
5. el Mathari S, Hopman LHGA, Bouchnaf C, Heidendael JF, Nederveen AJ, van Ooij P, et al. Clinical implications of different methods to assess left atrial remodeling: A comparative study between echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging for left atrial volume index quantification. *Int J Cardiol.* 2024;414(April).
6. Güzel T, Kış M, Şenöz O. The correlation between the left atrial volume index and atrial fibrillation development in heart failure with mildly reduced ejection fraction and long-term follow-up results. *Acta Cardiol.* 2022 Sep;77(7):647–54.
7. Naqvi DA, Shadani DAK, Gupta DS. Study of Detection of Left Atrial Enlargement by Echocardiography and ECG Correlation in Cardiac and Non-Cardiac Diseases. *Int J Sci Healthc Res.* 2022;7(2):173–82.
8. Francesca P, Eluisa LF, Lorenzo P, Giovanni G, Diego B, Vincenzo N, et al. The role of left atrio - ventricular coupling index and left atrial ejection fraction in predicting onset of atrial fibrillation and adverse cardiac events in hypertrophic cardiomyopathy. *Cardiovasc Ultrasound* [Internet]. 2025; Available from: <https://doi.org/10.1186/s12947-025-00343-5>
9. Aiwuyo HO, Osarenkhoe JO, Umuerrri EM, Aigbe FI, Obasohan A. Association Between Electrocardiographic Left Atrial Enlargement and Echocardiographic Left Atrial Indices Among Hypertensive Subjects in a Tertiary Hospital in South South Nigeria.

Cureus. 2023;i(1):1–6.

10. Balçl KG, Balçl MM, Maden O, Şen F, Akboga MK, Açar B, et al. Usefulness of the Macruz Index for Predicting Successful Percutaneous Mitral Balloon Valvuloplasty in Patients with Mitral Stenosis. *Med Princ Pract.* 2016;25(2):110–6.

11. Tangen J, Nguyen TM, Melichova D, Klæboe LG, Forsa M. Left atrial volume assessed by echocardiography identifies patients with high risk of adverse outcome after acute myocardial infarction. 2024;1–11.

12. PERKI 2023. Pedoman Tatalaksana penyakit gagal jantung [Internet]. NBER Working Papers. 2023. 89 p. Available from: <http://www.nber.org/papers/w16019>

13. George S. Left Atrial Volume Index in Patients with Dilated Cardiomyopathy—Correlation with Left Ventricular Function. *World J Cardiovasc Dis.* 2016;06(09):312–9.

14. Braunwald E. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 12th ed. Philadelphia: Elsevier; 2022.

15. Karaçam M, Kültürsay B, Kaya A, Tanyeri S, Mutlu D, Efe SÇ. Prognostic and functional value of left atrial indices in advanced heart failure. 2026;

16. Tomlinson S, Scalia GM, Appadurai V, Edwards N, Savage M, Lam AKY, et al. Left atrial reservoir

INTRODUCTION

Chronic heart failure remains a major global health problem despite

strain provides incremental value to left atrial volume index for evaluation of left ventricular filling pressure. *Echocardiography.* 2021;38(9):1503–13.

17. Vidula MK, Chirinos JA. Left Atrial Coupling Index and Its Prognostic Value in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2021;14(1):E012221.

18. Li Y, Xu J, Liu X, Wang X, Zhao C, He K. Development and validation of an integrated prognostic model for all-cause mortality in heart failure: a comprehensive analysis combining clinical, electrocardiographic, and echocardiographic parameters. 2025; 19. Ahmeti A, Bytyçi FS, Bielecka-Dabrowa A, Bytyçi I, Henein MY. Prognostic value of left atrial volume index in acute coronary syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2021;41(2):128–35.

20. Ibrahim IM, Hafez H, Al-Shair MHA, El Zayat A. Echocardiographic parameters differentiating heart failure with preserved ejection fraction from asymptomatic left ventricular diastolic dysfunction. *Echocardiography.* 2020;37(2):247–52.

advances in cardiovascular therapy.¹

The condition is characterized by impaired cardiac output and

progressive structural remodeling that affects all cardiac chambers and contributes to adverse clinical outcomes.²

Chronic increases in left ventricular filling pressures and diastolic dysfunction lead to structural remodeling of the left atrium,³ which is linked to atrial fibrillation, stroke, and higher mortality among heart failure patients.⁴

Echocardiography is the primary modality for assessing left atrial size, with LAVI recognized as the most accurate and guideline-recommended parameter. LAVI reflects long-term hemodynamic burden and provides prognostic information beyond linear atrial dimensions.⁵

However, the availability of echocardiography remains limited in some healthcare settings, particularly in secondary hospitals and resource-limited areas. Accordingly, the development of cost-effective and user-friendly screening modalities is essential to facilitate early identification of individuals at risk for left atrial enlargement.⁶

In clinical practice, electrocardiography is broadly available and constitutes a routine examination in patients diagnosed with heart failure. As an electrocardiographic parameter, the Macruz Indeks calculated using the proportion of P-wave duration relative to the PR segment has been

proposed as a marker to assess left atrial enlargement., existing evidence regarding its diagnostic performance is inconclusive.⁷

This study was designed as an exploratory diagnostic analysis to provide preliminary insights into the ability of the Macruz Index to discriminate left atrial enlargement in the chronic heart failure population, using left atrial volume index as the reference standard. As this research was performed in a single institution and involved a relatively small number of participants, the results should be interpreted as preliminary and hypothesis generating findings rather than definitive or confirmatory. The results primarily aim to describe the observed diagnostic trends of the Macruz Index within this specific clinical context rather than to establish definitive diagnostic thresholds or clinical recommendations.

METHOD

This study employed a cross-sectional diagnostic design and was conducted at Mitra Medika Amplas Hospital. Patients diagnosed with chronic heart failure who received electrocardiography and echocardiography were enrolled in this study.

This study included 39 patients selected through total sampling. Inclusion criteria were patients with chronic heart failure who had complete 12-lead electrocardiography and echocardiography data. Individuals presenting with atrial fibrillation,⁸ atrial flutter, or advanced atrioventricular block were excluded to avoid distortion of P-wave interpretation.⁹

The Macruz Index was calculated from standard 12-lead electrocardiography by measuring P-wave duration and PR segment duration. A Macruz Index value greater than 1.6 was classified as abnormal.¹⁰

This cut-off value was adopted from previous literature and may not represent an optimal or universally applicable threshold across different patient populations.

LAVI values were obtained from transthoracic echocardiography and determined by indexing left atrial volume to body surface area (BSA) based on current guideline recommendations. Left atrial enlargement was defined based on established LAVI cut-off values.^{4, 11}

A 2×2 contingency table was constructed using LAVI as the reference standard to evaluate diagnostic performance, evaluated through standard diagnostic

indicators, including sensitivity, specificity, PPV, NPV, and accuracy.

To assess how well the Macruz Index could identify left atrial enlargement, an ROC curve approach was employed, with LAVI serving as the benchmark measure. The discriminative performance was summarized as measured by the area under the curve (AUC), with higher values indicating better discriminatory performance.

RESULTS

Most participants were aged 61–70 years, and the distribution of sex was relatively balanced. Hypertension was the most common comorbidity, consistent with previous epidemiological data on chronic heart failure.¹² Electrocardiography assessment showed that 23 patients (59%) had a normal Macruz Index, while 16 patients (41%) had an elevated Macruz Index. Echocardiographic evaluation revealed that most patients had normal LAVI values (84.6%), with only a small proportion showing mild or moderate left atrial enlargement.⁶ This finding indicates a markedly imbalanced distribution of left atrial volume status, in the context of a relatively small proportion of left atrial enlargement among the participants.

Table 2. Diagnostic Performance of the Macruz Index Compared with LAVI

Macruz Index	LAVI Enlarged	LAVI Normal	Total
High	1	15	16
Normal	5	18	23
Total	6	33	39

Diagnostic performance analysis showed that the Macruz Index yielded yielded 16.7% sensitivity (95% CI: 0.4–64.1%), with specificity reaching 54.5% (95% CI: 36.4–71.9%). Its positive and negative predictive values were 6.3% (95% CI: 0.2–30.2%) and 78.3% (95% CI: 56.3–92.5%), respectively, resulting in an overall accuracy of 48.7%.

Based on ROC curve evaluation, the Macruz Index yielded an area under the curve of 0.36 (95% CI: 0.13–0.58), suggesting limited discriminatory capacity in identifying left atrial enlargement as defined by LAVI.

CONCLUSION

The Macruz Index demonstrated low sensitivity and limited diagnostic accuracy in detecting left atrial enlargement when compared with LAVI among patients with chronic heart failure. These findings suggest that the Macruz Index has limited utility as a standalone screening tool, and echocardiography remains essential for accurate assessment of left atrial size.

ACKNOWLEDGMENTS

The findings of this study indicate that the Macruz Index provides limited diagnostic value in detecting left atrial enlargement in individuals with chronic heart failure. The very low sensitivity indicates that most patients with echocardiographically confirmed left atrial enlargement were not identified using this electrocardiography index.¹³

The Macruz Index reflects atrial electrical conduction rather than structural remodeling.¹⁴ In chronic heart failure, left atrial enlargement is driven by complex anatomical changes,¹⁵ including dilation and fibrosis, which may not be adequately captured by surface electrocardiography.¹⁶

The Macruz Index is derived by determining the proportion between P-wave duration and the PR segment, representing atrial electrical conduction activity rather than structural atrial size. In chronic heart failure, enlargement of the left atrium mainly results from persistent increases in left ventricular filling pressure, chronic atrial wall stress, and gradual development of myocardial fibrosis. These structural and histopathological changes may occur without proportional alterations in surface electrocardiographic parameters, particularly P-wave morphology. Consequently, the Macruz Index may fail to accurately identify left atrial

enlargement in this population, contributing to the low sensitivity observed in the present study.

Previous studies have reported that electrocardiography criteria for left atrial enlargement generally exhibit lower sensitivity than echocardiographic measurements, particularly when LAVI is used as the reference standard.¹⁷

The predominance of normal LAVI values in this study may have significantly influenced the diagnostic performance of the Macruz Index.¹⁸ A low prevalence of left atrial enlargement is known to reduce sensitivity and positive predictive value in diagnostic accuracy studies. This imbalance limits the variability of the reference standard and may underestimate the discriminative capacity of electrocardiographic indices, including the Macruz Index, particularly in relatively stable or early-stage heart failure populations.¹⁹

Predictive values are highly dependent on disease prevalence. Therefore, the very low positive predictive value observed in this study should be interpreted in the context of the low prevalence of left atrial enlargement in the study population, rather than as an inherent limitation of the Macruz Index itself.

The ROC analysis further confirmed the limited diagnostic performance

of the Macruz Index. The ROC curve showed poor separation between patients with normal and enlarged LAVI, as reflected by the low AUC value. This finding suggests that the Macruz Index lacks sufficient discriminative power to reliably identify left atrial enlargement in the chronic heart failure population, especially when structural atrial remodeling occurs infrequently.

An AUC value below 0.5 with a wide confidence interval suggests that the Macruz Index performs no better than chance in discriminating left atrial enlargement. The wide confidence interval reflects the small number of patients with echocardiographically confirmed left atrial enlargement and is consistent with the exploratory nature of this study.

The diagnostic performance of the Macruz Index is also influenced by the choice of cut-off value. Electrocardiographic thresholds derived from prior studies may not be directly applicable to patients with chronic heart failure, as ECG parameters are affected by population characteristics, disease severity, and the reference standard used.

Overall, these findings support the view that electrocardiography, including the Macruz Index, should not be used as a standalone modality to evaluate left atrial enlargement

among patients with chronic heart failure.²⁰

REFERENCES

1. Yan T, Zhu S, Yin X, Xie C, Xue J, Zhu M, et al. Burden, Trends, and Inequalities of Heart Failure Globally, 1990 to 2019: A Secondary Analysis Based on the Global Burden of Disease 2019 Study. *J Am Heart Assoc.* 2023;12(6).
2. Hao Z, Xu G, Yuan M, Sun Y. The predictive value of changes in left atrial volume index for rehospitalization in heart failure with preserved ejection fraction. 2023;(September 2022):151–8.
3. Miao H. Study on the predictive value of left atrial volume index for the prognosis of patients with heart failure. 2025;7(2):53–60.
4. Jin X, Nauta JF, Hung CL, Ouwerkerk W, Teng THK, Voors AA, et al. Left atrial structure and function in heart failure with reduced (HFrEF) versus preserved ejection fraction (HFpEF): systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev* [Internet]. 2022;27(5):1933–55. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10741-021-10204-8>
5. el Mathari S, Hopman LHGA, Bouchnaf C, Heidendael JF, Nederveen AJ, van Ooij P, et al. Clinical implications of different methods to assess left atrial remodeling: A comparative study between echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging for left atrial volume index quantification. *Int J Cardiol.* 2024;414(April).
6. Güzel T, Kış M, Şenöz O. The correlation between the left atrial volume index and atrial fibrillation development in heart failure with mildly reduced ejection fraction and long-term follow-up results. *Acta Cardiol.* 2022 Sep;77(7):647–54.
7. Naqvi DA, Shadani DAK, Gupta DS. Study of Detection of Left Atrial Enlargement by Echocardiography and ECG Correlation in Cardiac and Non-Cardiac Diseases. *Int J Sci Healthc Res.* 2022;7(2):173–82.
8. Francesca P, Eluisa LF, Lorenzo P, Giovanni G, Diego B, Vincenzo N, et al. The role of left atrio - ventricular coupling index and left atrial ejection fraction in predicting onset of atrial fibrillation and adverse cardiac events in hypertrophic cardiomyopathy. *Cardiovasc Ultrasound* [Internet]. 2025; Available from: <https://doi.org/10.1186/s12947-025-00343-5>
9. Aiwuyo HO, Osarenkhoe JO, Umuerrri EM, Aigbe FI, Obasohan A. Association Between Electrocardiographic Left Atrial Enlargement and Echocardiographic Left Atrial Indices Among Hypertensive Subjects in a Tertiary Hospital in South South Nigeria. *Cureus.* 2023;i(1):1–6.
10. Balcl KG, Balcl MM, Maden O, Şen F, Akboga MK, Açar B, et al. Usefulness of the Macruz Index for

Predicting Successful Percutaneous Mitral Balloon Valvuloplasty in Patients with Mitral Stenosis. *Med Princ Pract.* 2016;25(2):110–6.

11. Tangen J, Nguyen TM, Melichova D, Klaeboe LG, Forsa M. Left atrial volume assessed by echocardiography identifies patients with high risk of adverse outcome after acute myocardial infarction. 2024;1–11.

12. PERKI 2023. Pedoman Tata laksana penyakit gagal jantung [Internet]. NBER Working Papers. 2023. 89 p. Available from: <http://www.nber.org/papers/w16019>

13. George S. Left Atrial Volume Index in Patients with Dilated Cardiomyopathy—Correlation with Left Ventricular Function. *World J Cardiovasc Dis.* 2016;06(09):312–9.

14. Braunwald E. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 12th ed. Philadelphia: Elsevier; 2022.

15. Karaçam M, Kültürsay B, Kaya A, Tanyeri S, Mutlu D, Efe SÇ. Prognostic and functional value of left atrial indices in advanced heart failure. 2026;

16. Tomlinson S, Scalia GM, Appadurai V, Edwards N, Savage M, Lam AKY, et al. Left atrial reservoir strain provides incremental value to left atrial volume index for

evaluation of left ventricular filling pressure. *Echocardiography.* 2021;38(9):1503–13.

17. Vidula MK, Chirinos JA. Left Atrial Coupling Index and Its Prognostic Value in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2021;14(1):E012221.

18. Li Y, Xu J, Liu X, Wang X, Zhao C, He K. Development and validation of an integrated prognostic model for all-cause mortality in heart failure: a comprehensive analysis combining clinical, electrocardiographic, and echocardiographic parameters. 2025;

19. Ahmeti A, Bytyçi FS, Bielecka-Dabrowa A, Bytyçi I, Henein MY. Prognostic value of left atrial volume index in acute coronary syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2021;41(2):128–35.

20. Ibrahim IM, Hafez H, Al-Shair MHA, El Zayat A. Echocardiographic parameters differentiating heart failure with preserved ejection fraction from asymptomatic left ventricular diastolic dysfunction. *Echocardiography.* 2020;37(2):247–52.