

Analisis Akurasi Perhitungan Nilai Ejeksi Fraksi *Cardiac Magnetic Resonance* untuk Meningkatkan Mutu Layanan Kesehatan di Radiologi

Mahfud Edy Widiatmoko^{*1}, Asumsje Tarigan², Heri Kuswoyo³, Tri Nurhidayati⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknologi Radiologi Program Sarjana Terapan, Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Indonesia
Email: ¹mhfdmoko@gmail.com

Abstrak

Ejeksi Fraksi (EF) merupakan parameter untuk menilai kemampuan jantung dalam memompa darah ke seluruh tubuh. Saat ini modalitas yang sering digunakan untuk mendeteksi nilai EF adalah USG, tetapi memiliki keterbatasan yaitu poor acoustic window atau kualitas gambaran kurang optimal dan tergantung kemampuan teknologis. Ahli MRI Bellenger dan Friedrich menyatakan bahwa pemeriksaan Cardiac Magnetic Resonance memiliki keunggulan dalam memberikan akurasi nilai EF dan memiliki 2 metode pengukuran View Short Axis dan Long Axis. Tujuan: untuk mengetahui akurasi nilai ejeksi fraksi ventrikel kiri pada pemeriksaan Cardiac Magnetic Resonance dengan metode view short axis dan long axis terhadap echocardiography. Metode: desain penelitian deskriptif kuantitatif tentang perhitungan EF dan dilakukan di instalasi radiologi rumah sakit di Jakarta pada bulan Juli–Oktober 2022 dengan sampel 33 pasien. Data diperoleh dengan cara observasi dan pengukuran menggunakan software CVI 42 yang terdapat pada perangkat MRI 1,5T Merk GE Signa Voyager. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan SPSS untuk menghitung rata-rata EF dan selisih rata-rata EC-SA serta EC-LA terhadap hasil echocardiography. Hasil: Nilai rata-rata presentase EF pada metode pengukuran LVEF-EC sebesar 41%, LVEF-SA sebesar 40% dan LVEF-LA sebesar 43%. Ketepatan nilai fraksi ejeksi didapatkan nilai rata-rata selisih EC-SA sebesar 0,939 dengan presentase 3% dan nilai rata-rata selisih EC-LA sebesar 1,812 dengan presentase 5%. Simpulan: Hasil pengukuran perhitungan ejeksi fraksi dengan metode short axis lebih akurat di bandingkan long axis sehingga dapat dijadikan standar prosedur pemeriksaan Cardiac Magnetic Resonance. Standar ini akan memberikan kualitas mutu layanan diagnostik yang tepat dalam tindakan layanan kesehatan.

Kata Kunci: *Ejeksi Fraksi, Long Axis, Short Axis*

Abstract

Ejection Fraction (EF) is a parameter to assess the heart's ability to pump blood throughout the body. Currently, the modality that is often used to detect EF values is ultrasound, but it has limitations, namely poor acoustic windows or suboptimal image quality and depends on technological capabilities. MRI experts Bellenger and Friedrich stated that Cardiac Magnetic Resonance examination has the advantage of providing accurate EF values and has 2 measurement methods, View Short Axis and Long Axis. The purpose of this study was to determine the accuracy of the left ventricular ejection fraction value in Cardiac Magnetic Resonance examinations with the short axis and long axis view methods against echocardiography. Method: quantitative descriptive research design on EF calculations and was conducted at a hospital radiology installation in Jakarta in July–October 2022 with a sample of 33 patients. Data were obtained by observation and measurement using CVI 42 software found on the GE Signa Voyager 1.5T MRI device. Data were analyzed using Microsoft Excel and SPSS software to calculate the average EF and the difference in average EC-SA and EC-LA against echocardiography results. Results: The average value of EF percentage in the LVEF-EC measurement method is 41%, LVEF-SA is 40% and LVEF-LA is 43%. The accuracy of the ejection fraction value obtained an average EC-SA difference of 0.939 with a percentage of 3% and an average EC-LA difference of 1.812 with a percentage of 5%. Conclusion: The results of the ejection fraction calculation measurement using the short axis method are more accurate than the long axis so that it can be used as a standard procedure for Cardiac Magnetic Resonance examination. This standard will provide the right quality of diagnostic services in health care actions

Keywords: *Ejection Fraction, Long Axis, Short Axis*

1. PENDAHULUAN

Penyebab angka kematian paling banyak yang sebelumnya ditempati oleh penyakit infeksi, saat ini telah beralih menjadi penyakit kardiovaskular dan degenerative dan diperkirakan akan menjadi penyebab kematian 5 kali lebih banyak dibandingkan dengan penyakit infeksi pada tahun 2013 Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Suparyanto dan Rosad (2015).

Penyakit jantung atau yang lebih dikenal dengan penyakit kardiovaskuler disebabkan oleh adanya gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah. Fungsi pompa jantung dapat diketahui melalui nilai *ejeksi fraksi (EF)*, *ejeksi fraksi* adalah suatu parameter untuk menilai kemampuan jantung dalam memompakan darah ke seluruh tubuh, ACC/AHA (*American College of Cardiology/American Heart Association*) tidak pernah mengklasifikasikan tingkat keparahan gagal jantung berdasarkan *ejeksi fraksi* namun disebutkan tentang gagal jantung sistolik (EF 50%), dan gagal jantung diastolik (EF >50%)(Blu et al., 2012). Menurut American Society of Echocardiography bahwa nilai normal EF pada laki-laki 52-72 % dan perempuan 54-74%., yang artinya nilai EF memberikan informasi dalam mengevaluasi kinerja jantung dan mendiagnosis kondisi seperti gagal jantung.(Lang et al., 2015)

Gagal jantung merupakan kondisi di mana darah yang dipompakan oleh jantung seseorang setiap menit tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan normal metabolisme tubuh manusia dan juga dipahami sebagai suatu keadaan yang bisa bersifat kronis atau akut yang disebabkan oleh ketidaknormalan pada ventrikel kiri, ventrikel kanan, atau bahkan keduanya. Hal ini menyebabkan jantung gagal menjalankan tugas utamanya dalam memompa darah serta memenuhi kebutuhan organ dan jaringan tubuh akan oksigen dan nutrisi yang terdapat dalam darah.(Sari & Habib, 2021). Gejala Gagal Jantung meliputi sesak napas, batuk, gangguan tidur, intoleransi olahraga, edema, dan kelelahan. Namun, gejala-gejala ini tidak spesifik dapat menjadi diagnosis gagal jantung sebagaimana juga terjadi pada kondisi diluar penyakit jantung seperti gangguan ginjal dan Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) (Henkens et al., 2020). Jantung berkontraksi dan berelaksasi. Ketika jantung berkontraksi, akan memompa keluar darah dari dua ruang jantung bagian bawah, yang disebut ventrikel. Ketika jantung berelaksasi, ventrikel terisi kembali dengan darah. Jantung tidak akan pernah dapat memompa semua darah keluar dari ventrikel. Ejeksi Fraksi biasanya diukur hanya di ventrikel kiri, karena merupakan ruang pemompa utama jantung. Ventrikel kiri memompa darah kaya oksigen ke arteri utama tubuh, disebut aorta dan darah kemudian mengalir ke seluruh tubuh (Potter & Marwick, 2018)

Beberapa modalitas radiologi bisa digunakan untuk mengevaluasi dan menganalisa *Ejeksi fraksi* adalah *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*, *Echocardiography*, *Computed Tomography (CT)*, Angiografi radionuklida dan SPECT/PET(Hsu et al., 2017). *Echocardiography* adalah salah satu modalitas pilihan yang dapat mengukur fraksi ejeksi (Erlanda et al., 2019), dengan memposisikan *probe echocardiography* dewasa 2-5 MHz pada intercostal 5-6 kiri *apical line* sejajar dengan *axila* untuk memperlihatkan *Left Ventricel (LV)* pada saat *fase systole* dan *fase diastole* sehingga dapat diukur dan di dapat persentase nilai ejeksi fraksi (Mitchell et al., 2019). *Echocardiography* dipilih menjadi modalitas paling umum karena jumlah modalitasnya banyak, untuk tampilan gambar mode 2D memeiliki keuntungan untuk menilai ejeksi fraksi karena mudah diakses, murah, cepat dan non-invasif, tetapi memiliki kelemahan dalam mengevaluasi citra yang sama bisa menghasilkan interpretasi yang berbeda diantara 2 penilai dan ataupun pada waktu yang berbeda. Pemeriksaan EF *echocardiography* mode 3D memiliki keunggulan dapat memvisualisasikan akurasi dan konsistensi yang lebih baik dengan meminimalkan pengaruh kesalahan perspektif, variasi pengukuran, dan asumsi-asumsi geometris yang tidak sesuai dan kelemahannya tergantung dari kualitas gambar yang dihasilkan oleh teknologis. (Marwick, 2018) Secara prinsip modalitas *echocardiography* membantu dapat mengidentifikasi mekanisme yang mendasari kelainan pada fungsi jantung serta dengan menggunakan *indeks echocardiography doppler* juga membantu mengidentifikasi keberadaan dan mekanisme yang tidak normal pada ventrikel (Ghimire, 2015).

Pemeriksaan Jantung di Indonesia dengan menggunakan *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* merupakan pemeriksaan yang masih jarang dilakukan karena membutuhkan peralatan yang terkait dengan kondisi kegawatan jantung(Erlanda et al., 2019). MRI adalah salah satu modalitas *imaging* yang

menghasilkan gambaran yang tajam dan jelas serta menghasilkan potongan *axial*, *sagittal* dan *coronal* dari bagian tubuh manusia dengan menggunakan medan magnet, gelombang *radiofrequency*, *system computer*, dan resonansi getaran terhadap inti atom *Hydrogen* di dalam tubuh manusia (Notosiswoyo & Suswati, 2004)(Westbrook, 2016).

MRI telah digunakan untuk mengevaluasi struktur dan fungsi jantung sejak tahun 1980-an, serta mengalami evolusi yang signifikan pada beberapa decade terakhir dalam hal kemampuan pencitraan dan kemudahan penggunaannya. MRI Jantung menjadi standar referensi yang akurat dan reproduktif untuk mengevaluasi, menilai fungsi dan perkiraan pengukuran pada ventrikel normal dan abnormal(Alfakih et al., 2003)(Lei et al., 2017). *Cardiac Magnetic resonance* (CMR) adalah teknik pencitraan yang digunakan untuk diagnostik. *Magnetic resonance imaging* (MRI) dikenal sebagai teknik *non-invasif*, memberikan hasil gambaran dalam bentuk irisan, dan tidak mengionisasi. Telah terjadi peningkatan, dalam penggunaan CMR untuk evaluasi anatomi dan fungsional. CMR telah digunakan secara klinis untuk menilai perluasan segmen *infark*, penipisan dinding akhir daerah *infark*, volume LV, distorsi bentuk LV dan hipertrofi kompensasi dari *miokard non-infark*. CMR memberikan informasi relative lebih lengkap mengenai kondisi *Myocard* Jantung. Kondisi katup-katup Jantung, fungsi atrium dan ventrikel jantung, *inflamasi scar* atau *fibrosis* pada *myocard* jantung, CMR jarang digunakan sebagai modalitas pencitraan diagnostik awal, melainkan melengkapi *echocardiography*(Fratz et al., 2013). Pemeriksaan fungsi jantung dapat dilakukan dengan menggunakan alat *echocardiography*, namun karena keterbatasan yang dimiliki, antara lain *poor acoustic windows*, teknisi *echo* yang terlatih, dan tidak mampu memberikan informasi *scar* pada *miocard* maka digunakanlah pemeriksaan MRI sebagai alternatif pengganti. Merujuk Journal Of The American College Of Cardiology menyatakan bahwa keuntungan MRI dalam memberikan akurasi nilai EF yaitu dapat dengan jelas membedakan antara jaringan yang memiliki perbedaan densitas atau sinyal yang sangat kecil, seperti dinding ventrikel kiri (LV wall) dan rongga (cavity) serta mampu membedakan dinding ventrikel kiri (struktur otot jantung) dari rongga ventrikel kiri (yang biasanya berisi darah). Hal ini penting untuk mengevaluasi anatomi jantung, fungsi ventrikel, atau mendeteksi kelainan seperti hipertrofi, fibrosis, atau gangguan fungsi. Kelemahan pemeriksaan CMR adalah keterbatasan akses, karena jumlah modalitas/alat sedikit, biaya mahal dan waktu pemeriksaan cukup lama dan tidak bisa di gunakan pada semua pasien yang menggunakan benda metal. (Marwick, 2018)

Cardiac Magnetic resonance (CMR) menciptakan gambar yang dapat menunjukkan perbedaan yang sangat jelas dan lebih sensitif untuk menilai anatomi jaringan lunak dalam tubuh. Pada CMR dapat menilai anatomi dan morfologi jantung, fisiologi jantung, mengukur aliran darah jantung. Penilaian fungsi dan volume ventrikel kiri (LV) adalah landasan diagnostik jantung(Wood et al., 2013). *Cardiovascular MR* (CMR) memberikan pengukuran yang akurat dan dapat direproduksi dari volume ventrikel kiri (LV), massa, dan *ejeksi fraksi* (EF)(Chuang et al., 2014). Penghitungan fungsi Left Ventricel Ejeksi fraksi (LVEF) pada CMR dapat dilakukan pada *view short axis* dan *view long axis*. Untuk melihat pengaruh perbedaan pada hasil fungsi LV yang digunakan pada *short axis* dan *long axis*, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis perbedaan *ejeksi fraksi* yang dihasilkan dari *short axis* dan *long axis* (Philipp Barckow Dipl. MedInf, 2016). Merujuk pada Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance bahwa metode *view short axis* (SA), merupakan metode standar untuk mengukur volume dan fungsi ventrikel kiri (LV) dan digunakan untuk validasi, tetapi memakan waktu dan ada efek volume parsial yang menyebabkan masalah yang muncul saat menentukan area irisan di irisan paling basal dan paling apical. Untuk metode *view long axis* memiliki keuntungan efisiensi waktu dan hasil yang dapat diandalkan, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pendekatan lain yang lebih kompleks atau memakan waktu. (Childs et al., 2011)

Ketepatan metode suatu pemeriksaan sangat dapat memengaruhi kualitas hasil pencitraan, interpretasi, dan keakuratan pengukuran ejeksi fraksi pada pasien yang mengalami suatu kondisi kesehatan fungsi jantung. Kualitas perangkat MRI mencakup dari resolusi gambar, kekuatan medan magnet, penggunaan software analitik yang canggih berkontribusi pada akurasi pengukuran EF. Peralatan yang usang atau tidak dikalibrasi dengan baik dapat menghasilkan gambar dengan artefak, sehingga mengurangi akurasi. Mutu

layanan tergantung pada standar operasional prosedur (SOP) yang diterapkan, misalnya pemilihan teknik potongan gambar view short axis atau long axis, protokol untuk memastikan pasien tetap tenang selama pemeriksaan guna menghindari artefak gerakan, teknologis dan dokter yang bertugas (radiografer dan kardiolog radiologi) harus memiliki keterampilan dalam mengatur protokol pencitraan yang tepat dan menginterpretasikan hasil volume ventrikel dengan benar. Kesalahan dalam pengukuran EF dapat mengakibatkan salah diagnosis, pemberian terapi yang tidak sesuai, atau penundaan intervensi yang diperlukan. Akurasi mutu layanan pemeriksaan CMR secara langsung berhubungan dengan keandalan dan validitas nilai ejeksi fraksi yang dihasilkan, hal ini sangat penting untuk memastikan mutu layanan yang tinggi dalam pemeriksaan CMR sangat penting untuk memberikan hasil yang akurat dan mendukung keputusan klinis yang tepat

2. METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan adalah *kuantitatif deskriptif* dengan menggambarkan nilai rata-rata nilai ejeksi fraksi terhadap pasien yang menjalankan pemeriksaan *Echocardiography* yang dilanjutkan dengan pemeriksaan MRI Jantung. Tempat Penelitian dilakukan di rumah sakit di Jakarta pada bulan Juli–Oktober 2022. Populasi yang digunakan adalah seluruh hasil data pemeriksaan *Cardiac Magnetic Resonance* pada view *Short Axis* dan *Long Axis* dengan jumlah sampel 33 pasien yang dipilih secara *purposive sampling* dengan kriteria Inklusi : Semua pasien yang melakukan pemeriksaan CMR yang sebelumnya sudah dilakukan pemeriksaan echocardiography dan terdapat nilai EF. Kriteria Eksklusi: Semua pasien yang melakukan pemeriksaan CMR dan tidak melakukan pemeriksaan echocardiography, pasien CMR pediatrik dan pasien CMR dengan indikasi selain gagal jantung. Analisa Data: teknik pengolahan dan analisa data adalah proses pengumpulan data secara sistematis untuk mempermudah dalam memperoleh kesimpulan *Data diperoleh dengan cara observasi dan pengukuran menggunakan dengan software CVI 42 yang terdapat pada perangkat MRI 1,5T Merk GE Signa Voyager*. Penelitian ini menggunakan penghitungan komputasi dengan microsof excel untuk mendapatkan nilai rata-rata EF dan selisih rata-rata EC-SA serta EC-LA terhadap hasil *echocardiography* dan disimpulkan berdasarkan tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian nilai *ejeksi fraksi* dengan view *short axis* dan *long axis* pada pemeriksaan MRI Jantung dewasa dengan kriteria sampel, pasien telah melakukan pemeriksaan *Echocardiografi* dan dilanjutkan MRI untuk menilai LVEF *Short Axis* dan LVEF *Long Axis* di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Deskripsi Rata-Rata Persentase Ejeksi fraksi

	LVEF EC	LVEF SA	LVEF LA
Rata- Rata ($\bar{x}$)	41%	40%	43%
Std. Deviasi	18	18,75	18,78

Berdasarkan tabel 1. hasil rata-rata nilai *ejeksi fraksi* yang didapatkan dari total nilai *ejeksi fraksi* dibagi dengan jumlah sampel. Sedangkan, standar deviasi peneliti mengolah data dengan menggunakan standar deviasi *microsoft excel*. Dari masing-masing perhitungan nilai rata-rata persentase *ejeksi fraksi echocardiography* sebesar 41% dengan standar deviasi 18, rata-rata nilai *ejeksi fraksi* sebesar 40% dengan standar deviasi 18,75 dan rata-rata nilai *ejeksi fraksi* sebesar 43% dengan standar deviasi 18,78.

Tabel 2. Deskripsi Kategori Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Frequency	Persen (%)
Laki-Laki	27	81,8%
Perempuan	6	18,2%
Total	33	100%

Berdasarkan tabel 2. Angka kejadian pada penelitian ini sesuai jenis kelamin diketahui sebanyak 33 (100%) sampel dan terdiri dari 27 (81,8%) pasien Laki-Laki dan 6 (18,2%) pasien perempuan sehingga dapat disimpulkan bahwa pasien Laki-Laki dalam penelitian ini lebih banyak.

Berdasarkan dari *interval* umur sesuai dengan *literature* yang dikeluarkan oleh jurnal yang berjudul *gender and heart failure*, rentang umur dikategorikan sebagai berikut: muda dengan rentang 25- 34 tahun, dewasa muda dengan rentang 35- 44 tahun, dewasa dengan rentang 45- 54 tahun, dewasa tua dengan rentang 55- 64 tahun, dan lansia dengan rentang 65- 74 tahun.

Tabel 3. Deskripsi Kategori Berdasarkan Umur

Rentang Umur	Jumlah Pasien	Persen (%)
Umur <24 tahun	1	3
Umur 25-34 tahun	1	3
Umur 35-44 tahun	5	15,2
Umur 45-54 tahun	7	21,2
Umur 55-64 tahun	12	36,4
Umur >65 tahun	7	21,2
Total	33	100

Berdasarkan tabel 3. Angka kejadian yang dikategorikan sesuai dengan jenis umur, dari 33 sampel sebanyak 1 pasien dengan umur dibawah 24 tahun, sebanyak 1 pasien dengan rentang umur 25-34 tahun, sebanyak 5 pasien dengan rentang umur 35-44 tahun, sebanyak 7 pasien dengan rentang umur 45-54 tahun, sebanyak 12 pasien 54-64 tahun dan sebanyak 7 pasien dengan umur diatas 65.

Tabel 4. Rata-Rata dan Selisih (%) Nilai Ejeksi fraksi

	EC-SA	EC-LA
Rata-Rata ($\bar{x}$)	0,939	-1,812
Persentase (%)	3%	-5%

Berdasarkan tabel 4. didapatkan rata-rata selisih nilai *ejeksi fraksi* dari 33 sampel yang telah melakukan perhitungan *ejeksi fraksi* metode *short axis* dan *long axis* masing-masing terhadap nilai ejeksi fraksi echocardiography didapatkan nilai EC-SA sebesar 0,939 dengan persentase sebesar 3% dan nilai EC-LA sebesar -1,812 dengan persentase -5%. Maka dalam menganalisa dari hasil rata-rata selisih nilai ejeksi fraksi metode short axis memiliki nilai rata-rata selisih lebih kecil dari pada metode long axis, yang artinya semakin kecil nilai rata-rata selisihnya maka semakin mirip dan mendekati terhadap nilai rata-rata ejeksi fraksi echocardiography.

Berdasarkan dari hasil data penelitian nilai LVEF Echo 41%, LVEF *Short Axis* 40% dan LVEF *Long Axis* 43%. Berkaitan data di atas, nilai LVEF short axis lebih mendekati nilai LVEF echocardiography dibanding nilai LVEF long axis. Hasil analisis akurasi nilai *ejeksi fraksi* didapatkan nilai rata-rata selisih EC-SA sebesar 0,939 dengan persentase 3% dan nilai rata-rata selisih EC-LA sebesar 1,812 dengan persentase 5%. Rata-rata nilai selisih *ejeksi fraksi view short axis* lebih rendah dibanding nilai selisih *ejeksi fraksi view long axis* sehingga lebih mendekati terhadap nilai *ejeksi fraksi* pada echocardiography. Data di atas dapat menjadi acuan bahwa perhitungan *ejeksi fraksi* dengan metode view short axis menjadi standar prosedur utama, sedangkan untuk metode *view long axis* dapat digunakan dalam menghitung *ejeksi fraksi* untuk pasien yang tidak bisa melakukan pemeriksaan yang lama atau kondisi darurat. Hasil penelitian ini konsisten dengan studi Childs et al., (2011) yang menemukan bahwa metode *short axis* merupakan metode standar untuk mengukur volume dan fungsi ventrikel kiri (LV) yang memiliki akurasi lebih tinggi dalam pengukuran LVEF dibandingkan *long axis*. Berdasarkan studi Huttin et al. (2015) metode *long axis* dapat digunakan sebagai alternatif untuk kalkulasi perhitungan ejeksi fraksi LVEF.

Tabel 5. Paired Samples T-Test

Uji Beda Mean	Mean	Std. Deviation	Sig.
Short Axis - Long Axis	2,751	3,691	.000

Berdasarkan uji statistik tabel 5. Paired T-test di dapatkan mean 2,751 dan std. Deviasi 3,691 serta nilai sig.0.000 yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil perhitungan *ejeksi fraksi* antara metode *view Short Axis dan Long Axis*

4. KESIMPULAN

Nilai rata-rata perhitungan *ejeksi fraksi* pada *Cardiac Magnetic Resonance* dengan *View Short Axis* dan *Long Axis* terhadap *Echocardiograph* (41%) dengan metode *Short Axis* sebesar 40% dan untuk *Long Axis* sebesar 43%. Perhitungan pengukuran ini dengan menggunakan *software CVI42*. Pengukuran perhitungan *ejeksi fraksi* pada *CMR* dengan metode *short axis* lebih akurat karena memiliki selisih lebih kecil dibandingkan dengan hasil *long axis* terhadap hasil *ejeksi fraksi echocardiography*. Hal ini dapat memastikan bahwa metode *view short axis* menjadi standar utama dalam menilai *ejeksi fraksi* dan untuk metode *view long axis* menjadi pilihan dimana melihat kondisi pasien jika tidak dapat melakukan pemeriksaan yang cukup lama. Kedua metode ini memang secara signifikan memberikan nilai berbeda, tetapi tetap dapat dijadikan standar dalam pelayanan pemeriksaan dalam menilai *ejeksi fraksi*. Hal ini juga diperkuat oleh uji statistik paired t-test yang menyatakan adanya perbedaan yang signifikan nilai perhitungan *ejeksi fraksi* antara metode *view short axis* dan *long axis*.

5. IMPLIKASI

Metode *view short axis* dan *long axis* memberikan gambaran yang baik tentang volume ventrikel kiri secara keseluruhan dan membantu dalam analisis volumetrik 3D yang lebih tepat. Pengukuran *ejeksi fraksi* menggunakan *short axis* kemungkinan lebih terpengaruh oleh kemampuan teknologi dalam melakukan segmentasi gambaran anatomi otot jantung yang berpengaruh terhadap hasil, terutama jika kualitas gambar rendah atau ada kesulitan dalam menentukan batas endokardium.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfakih, K., Plein, S., Thiele, H., Jones, T., Ridgway, J. P., & Sivananthan, M. U. (2003). Normal human left and right ventricular dimensions for MRI as assessed by turbo gradient echo and steady-state free precession imaging sequences. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 17(3), 323–329. <https://doi.org/10.1002/jmri.10262>
- Blu, D. I., Prof, R., Manado, R. D. K., Sari, P. R., Rampengan, S. H., Panda, A. L., Kardiologi, B., Fakultas, V., & Universitas, K. (2012). *HUBUNGAN KELAS NYHA DENGAN FRAKSI EJEKSI PADA PASIEN GAGAL JANTUNG KRONIK DI BLU/RSUP PROF. DR. R.D. KANDOU MANADO*.
- Childs, H., Ma, L., Ma, M., Clarke, J., Cocker, M., Green, J., Strohm, O., & Friedrich, M. G. (2011). Comparison of long and short axis quantification of left ventricular volume parameters by cardiovascular magnetic resonance, with ex-vivo validation. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1532-429X-13-40>
- Chuang, M. L., Gona, P., Hautvast, G. L. T. F., Salton, C. J., Breeuwer, M., O'Donnell, C. J., & Manning, W. J. (2014). CMR reference values for left ventricular volumes, mass, and ejection fraction using computer-aided analysis: The Framingham Heart Study. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 39(4), 895–900. <https://doi.org/10.1002/jmri.24239>
- Erlanda, W., Rasyid, H. El, Syafri, M., & Nindrea, R. D. (2019). Padang Skoring Elektrokardiografi untuk Memprediksi Fraksi Ejeksi Ventrikel Kiri pada Gagal Jantung Kronik. *Indonesian Journal of*

- Cardiology*, 39(4), 156–165. <https://doi.org/10.30701/ijc.v39i4.858>
- Fratz, S., Chung, T., Greil, G. F., Samyn, M. M., Taylor, A. M., Buechel, E. R. V., Yoo, S., & Powell, A. J. (2013). *Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease : SCMR expert consensus group on congenital heart disease*. 1–26.
- Ghimire, D. (2015). Basic Echocardiography. *Medical Intern, Southwestern University School of Medicine*, 1–71.
- Henkens, M. T. H. M., Remmelzwaal, S., Robinson, E. L., van Ballegooijen, A. J., Barandiarán Aizpurua, A., Verdonschot, J. A. J., Raafs, A. G., Weerts, J., Hazebroek, M. R., Sanders-van Wijk, S., Handoko, M. L., den Ruijter, H. M., Lam, C. S. P., de Boer, R. A., Paulus, W. J., van Empel, V. P. M., Vos, R., Brunner-La Rocca, H. P., Beulens, J. W. J., & Heymans, S. R. B. (2020). Risk of bias in studies investigating novel diagnostic biomarkers for heart failure with preserved ejection fraction. A systematic review. *European Journal of Heart Failure*, 22(9), 1586–1597. <https://doi.org/10.1002/ehf.1944>
- Hsu, J. J., Ziaieian, B., & Fonarow, G. C. (2017). Heart Failure With Mid-Range (Borderline) Ejection Fraction: Clinical Implications and Future Directions. *JACC: Heart Failure*, 5(11), 763–771. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2017.06.013>
- Lang, R. M., Badano, L. P., Victor, M. A., Afilalo, J., Armstrong, A., Ernande, L., Flachskampf, F. A., Foster, E., Goldstein, S. A., Kuznetsova, T., Lancellotti, P., Muraru, D., Picard, M. H., Retzschel, E. R., Rudski, L., Spencer, K. T., Tsang, W., & Voigt, J. U. (2015). Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 28(1), 1-39.e14. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
- Lei, X., Liu, H., Han, Y., Cheng, W., Sun, J., Luo, Y., Yang, D., Dong, Y., Chung, Y., & Chen, Y. (2017). Reference values of cardiac ventricular structure and function by steady-state free-precession MRI at 3.0T in healthy adult chinese volunteers. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 45(6), 1684–1692. <https://doi.org/10.1002/jmri.25520>
- Marwick, T. H. (2018). Ejection Fraction Pros and Cons: JACC State-of-the-Art Review. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(19), 2360–2379. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.2162>
- Mitchell, C., Rahko, P. S., Blauwet, L. A., Canaday, B., Finstuen, J. A., Foster, M. C., Horton, K., Ogunyankin, K. O., Palma, R. A., & Velazquez, E. J. (2019). Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 32(1), 1–64. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.06.004>
- Notosiswoyo, M., & Suswati, S. (2004). Pemanfaatan Magnetic Resonance (MRI) Sebagai Sarana Diagnosa Pasien. In *Media litbang kesehatan: Vol. XIV* (Issue 3, pp. 8–13).
- Philipp Barckow Dipl. MedInf. (2016). Circle Cardiovascular Imaging. Available from: https://www.circlecvi.com/docs/Product-Support/Manuals/Cvi42_user_manual_v5.5.Pdf.
- Potter, E., & Marwick, T. H. (2018). Assessment of Left Ventricular Function by Echocardiography: The Case for Routinely Adding Global Longitudinal Strain to Ejection Fraction. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 11(2P1), 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.11.017>
- Sari, R. N., & Habib, F. (2021). Hubungan Nilai Fraksi Ejeksi Ventrikel Kiri pada Pasien Gagal Jantung dengan Tingkat Gejala Depresi yang Diukur dengan The Beck Depression Inventory II (BDI-II). *Jurnal Pandu Husada*, 2(1), 46. <https://doi.org/10.30596/jph.v2i1.5377>
- Suparyanto dan Rosad (2015). (2020). Data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2018. *Suparyanto Dan Rosad* (2015, 5(3), 248–253.

Westbrook, C. J. T. (2016). *MRI at a Glance Third Edition Catherine* (Thrid edit). John Wiley & Sons,Ltd.

Wood, P. W., Appsc, B., & Choy, J. B. (2013). *Left Ventricular Ejection Fraction and Volumes : It Depends on the Imaging Method*. 87–100. <https://doi.org/10.1111/echo.12331>