MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

2025, Vol. 21 No. 4
Prefix DOI 10.5455/mnj.v1i2.644xa

PENGARUH PENGGUNAAN FFR-CT TERHADAP KEPUTUSAN KLINIS DAN *OUTCOME* PASIEN PENYAKIT JANTUNG KORONER: TINJAUAN LITERATUR

Dzakwan Nadir Akbar, Timothy Rooney Santosa, Hanna Mutiara, Muhammad Yogie Fadli, Novita Carolia
Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

e-mail: dzakwannadirakbar05@gmail.com

Abstrak

Penyakit jantung koroner merupakan penyebab kematian utama secara global, sehingga diperlukan modalitas diagnostik yang akurat, aman, dan efisien dalam menentukan strategi penatalaksanaan. *Fractional Flow Reserve* berbasis *Computed Tomography* (CT-FFR) merupakan teknologi non-invasif yang menggabungkan informasi anatomi dan fungsional untuk menilai signifikansi hemodinamik stenosis koroner. Berdasarkan berbagai penelitian, penggunaan CT-FFR terbukti mampu mengurangi rujukan yang tidak perlu ke tindakan invasif *Invasive Coronary Angiography* (ICA) dan meningkatkan ketepatan seleksi pasien yang membutuhkan intervensi. Studi seperti ADVANCE Registry dan PLATFORM Trial menunjukkan penurunan signifikan pada prosedur ICA tanpa obstruksi bermakna serta pembatalan lebih dari separuh tindakan invasif yang sebelumnya direncanakan. Pada kasus penyakit koroner kompleks, CT-FFR juga berperan penting dalam mengubah rekomendasi klinis dan strategi revaskularisasi yang lebih tepat sasaran. Selain itu, nilai CT-FFR memiliki kemampuan prognostik, di mana pasien dengan nilai > 0,80 memiliki risiko *major adverse cardiac events* (MACE) yang sangat rendah, sementara nilai ≤ 0,80 berkaitan dengan peningkatan risiko MACE jangka panjang. Secara keseluruhan, CT-FFR berpotensi menjadi komponen penting dalam algoritma diagnostik modern untuk meningkatkan efisiensi klinis, akurasi penatalaksanaan, dan hasil akhir pasien dengan penyakit jantung koroner.

Kata Kunci: Penyakit jantung koroner; *Computed Tomography-Derived Fractional Flow Reserve*; *Computed Tomography Coronary Angiography*; *Invasive Coronary Angiography*; revaskularisasi; *Major Adverse Cardiac Events*; diagnostik non-invasif.

Abstract

Coronary artery disease remains the leading cause of mortality worldwide, highlighting the need for accurate, safe, and efficient diagnostic strategies to guide optimal clinical management. *Computed Tomography-Derived Fractional Flow Reserve* (CT-FFR) is a non-invasive technology that integrates anatomical and physiological assessment to determine the hemodynamic significance of coronary stenosis. Evidence from multiple studies demonstrates that the use of CT-FFR can substantially reduce unnecessary referrals for invasive procedures such as *Invasive Coronary Angiography* (ICA) and improve patient selection for revascularization. Findings from the ADVANCE Registry and the PLATFORM Trial indicate a significant reduction in ICA procedures without obstructive disease and the avoidance of more than half of

Received: Desember 2025
Reviewed: Desember 2025
Published: Desember 2025

Plagirism Checker No 784
Prefix DOI : Prefix DOI : 10.8734/Nutricia.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Medic Nutricia

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

2025, Vol. 21 No. 4
Prefix DOI 10.5455/mnj.v1i2.644xa

planned invasive angiographies. In cases of complex coronary artery disease, CT-FFR has also shown a meaningful impact on clinical decision-making by modifying treatment recommendations and revascularization strategies. Furthermore, CT-FFR carries important prognostic value, with patients demonstrating CT-FFR values > 0.80 experiencing very low rates of major adverse cardiac events (MACE), whereas values ≤ 0.80 are associated with increased long-term cardiovascular risk. Overall, CT-FFR has the potential to become a key diagnostic component in modern cardiovascular care, enhancing clinical efficiency, improving treatment accuracy, and optimizing patient outcomes.
Keywords: Coronary artery disease; *Computed Tomography–Derived Fractional Flow Reserve*; *Computed Tomography Coronary Angiography*; *Invasive Coronary Angiography*; revascularization; *Major Adverse Cardiac Events*; non-invasive diagnostic.

PENDAHULUAN

Penyakit jantung koroner merupakan salah satu penyebab utama kesakitan dan kematian di seluruh dunia. Penyakit ini terjadi akibat penyempitan atau obstruksi pada pembuluh darah koroner, yang umumnya dipicu oleh proses aterosklerosis. Aterosklerosis merupakan gangguan degeneratif kronis yang ditandai dengan penumpukan plak aterom, terdiri atas lipid, kolesterol, sel inflamasi, serta matriks ekstraseluler pada dinding arteri. Akumulasi plak tersebut menyebabkan penyempitan lumen dan disfungsi endotel, sehingga suplai oksigen dan nutrisi ke miokard menurun yang berpotensi menimbulkan iskemia miokard (Luo et al., 2022).

Secara global, penyakit jantung koroner masih menjadi penyebab kematian utama. Berdasarkan laporan *Global Burden of Disease* tahun 2019, terdapat sekitar 197,2 juta kasus penyakit jantung koroner di seluruh dunia dan tercatat 9,1 juta kematian akibat penyakit jantung iskemik pada tahun yang sama. Angka tersebut menempatkan penyakit jantung koroner sebagai penyebab kematian tertinggi, melampaui penyakit menular maupun keganasan. Tren peningkatan prevalensi PJK juga terlihat pada negara berkembang seiring perubahan gaya hidup, peningkatan prevalensi obesitas, hipertensi, dan diabetes melitus (Roth et al., 2020).

Situasi serupa terjadi di Indonesia. Data *Riset Kesehatan Dasar* menunjukkan peningkatan prevalensi penyakit jantung koroner dari 0,5% pada tahun 2013 menjadi 1,5% pada tahun 2018, atau meningkat tiga kali lipat dalam waktu lima tahun (Kementerian Kesehatan RI, 2018). Indonesia juga menempati peringkat kedua global terkait *Disability-Adjusted Life Years* akibat penyakit jantung koroner dengan angka 130 per 1.000 penduduk (Uli et al., 2020). Selain itu, laporan *Indonesia's Sample Registration System* mencatat bahwa dalam satu dekade terakhir, penyakit jantung koroner merupakan penyebab kematian kedua tertinggi nasional. Data tersebut menunjukkan bahwa penyakit jantung koroner bukan hanya memiliki angka kejadian yang tinggi, tetapi juga berdampak besar terhadap mortalitas dan beban ekonomi kesehatan (Willyana et al., 2023).

Dalam tata laksana penyakit jantung koroner, penegakan diagnosis yang tepat merupakan langkah krusial untuk menentukan keputusan klinis yang optimal. Selama bertahun-tahun, pemeriksaan *Invasive Coronary Angiography* dianggap sebagai *gold standard* dalam mengevaluasi stenosis arteri koroner secara anatomi. Prosedur ini memungkinkan visualisasi lokasi, derajat, dan distribusi penyempitan pembuluh darah (Jiménez-Partinen et al., 2024).

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

2025, Vol. 21 No. 4
Prefix DOI 10.5455/mnj.v1i2.644xa

Namun, ICA hanya menilai aspek anatomi, bukan dampak fungsional stenosis terhadap aliran darah koroner. Di sisi lain, ICA bersifat invasif, membutuhkan fasilitas khusus, dan memiliki risiko komplikasi seperti perdarahan, aritmia, hingga diseksi vaskular (Balanescu, 2016).

Untuk menilai signifikansi fungsional stenosis, dikembangkan pemeriksaan *Fractional Flow Reserve* invasif menggunakan *pressure wire* yang menghitung perbandingan tekanan distal arteri koroner terhadap tekanan aorta saat hiperemia maksimal. Nilai FFR ≤ 0,80 dianggap menunjukkan stenosis bermakna secara hemodinamik dan memerlukan intervensi. Meskipun sangat akurat, metode ini tetap invasif serta membutuhkan penggunaan obat hiperemia dan perangkat tekanan dengan biaya yang tinggi (Balanescu, 2016).

Sebagai alternatif non-invasif, *Computed Tomography Coronary Angiography* mulai digunakan luas berkat sensitivitas yang tinggi dalam mendeteksi stenosis anatomi. Namun, keterbatasannya adalah kecenderungan untuk menilai keparahan stenosis secara berlebihan (*overestimation*), terutama pada adanya plak kalsifikasi berat. Hal ini meningkatkan kemungkinan hasil positif palsu yang dapat mengarah pada prosedur invasif yang sebenarnya tidak diperlukan (Haykal et al., 2018).

Perkembangan teknologi kemudian melahirkan metode inovatif *Fractional Flow Reserve Computed Tomography* yang memanfaatkan pendekatan *computational fluid dynamics*. Teknologi ini memungkinkan simulasi aliran darah koroner secara virtual menggunakan data dari CCTA untuk menghasilkan nilai FFR tanpa prosedur invasif. Dengan kemampuan menilai aspek anatomi dan fungsional secara bersamaan, FFR-CT berpotensi mengurangi angka prosedur diagnostik invasif yang tidak diperlukan, meningkatkan efisiensi klinis, serta memperbaiki penentuan strategi terapi (Jiang et al., 2021).

Dengan tingginya prevalensi dan beban penyakit jantung koroner, serta kebutuhan akan modalitas pencitraan yang lebih akurat, aman, dan efektif, kajian literatur mengenai penggunaan FFR-CT menjadi sangat penting. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan FFR-CT dalam proses pengambilan keputusan klinis dan luaran pasien penyakit jantung koroner, sehingga diharapkan dapat berkontribusi dalam peningkatan kualitas pelayanan kesehatan kardiovaskular.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan CT-FFR dalam praktik klinis terbukti mampu mengurangi rujukan ke pemeriksaan invasif *Invasive Coronary Angiography* (ICA) yang sebenarnya tidak diperlukan, tanpa meningkatkan risiko keselamatan pasien. Pendekatan ini membantu dokter untuk lebih selektif menentukan pasien yang benar-benar membutuhkan tindakan intervensi, sehingga menghindarkan pasien dari prosedur invasif yang berisiko dan berbiaya tinggi. Bukti tersebut terlihat jelas pada hasil ADVANCE Registry, yang melibatkan populasi klinis dunia nyata. Dalam tindak lanjut satu tahun, pasien dengan nilai CT-FFR positif (≤ 0,80), yang menunjukkan adanya gangguan aliran darah secara fungsional, memang lebih sering mendapatkan tindakan revaskularisasi dibandingkan pasien dengan hasil CT-FFR negatif (> 0,80) (Villines, 2018).

Contoh lain dampak penggunaan FFR-CT dalam keputusan diagnostic seperti yang ditunjukkan pada penelitian PLATFORM Trial. Pada penelitian tersebut menunjukkan perubahan dramatis dalam pola rujukan ke *Invasive Coronary Angiography* (ICA). Dalam kelompok pasien yang awalnya direncanakan menjalani ICA, strategi diagnostik diubah menjadi "CCTA diikuti selektif FFR-CT". Hasilnya, persentase angiografi invasif yang menunjukkan arteri koroner tanpa

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

2025, Vol. 21 No. 4
Prefix DOI 10.5455/mnj.v1i2.644xa

penyempitan signifikan turun drastic, dari sekitar 73% pada strategi konvensional menjadi hanya sekitar 12% pada kelompok FFR-CT (Kasaeian et al., 2025).

Pada kasus penyakit arteri koroner yang kompleks, misalnya pada pasien dengan penyakit tiga-pembuluh (*multi-vessel disease*) atau lesi pada bifurkasi, CT-FFR menunjukkan manfaat klinis yang menarik. Sebagai contoh, dalam penelitian SYNTAX III REVOLUTION ditemukan bahwa penambahan informasi CT-FFR menyebabkan tim jantung mengubah rekomendasi terapi pada sekitar 7% pasien dan memodifikasi pemilihan artéri yang akan direvaskularisasi pada sekitar 12% kasus dibanding penilaian dengan CCTA anatomi saja. Perubahan rekomendasi ini mengindikasikan bahwa CT-FFR mampu memetakan distribusi hemodinamik dari penyempitan koroner dengan lebih akurat, bukan hanya melihat seberapa sempit lumen pembuluh, tetapi juga bagaimana penyempitan itu memengaruhi aliran darah dan perfusi miokard. Dengan demikian, keputusan intervensi tidak lagi hanya berdasar gambaran morfologi, tetapi mempertimbangkan relevansi fungsional bagi aliran darah jantung. Hal ini memungkinkan strategi terapeutik yang lebih tepat sasaran dan personal (Andreini et al., 2019).

Sebuah meta-analisis pada pasien dengan penyakit arteri koroner stabil menunjukkan bahwa pasien dengan hasil CT-FFR > 0,80, artinya stenosis tidak berdampak hemodinamik signifikan, memiliki insiden kematian atau infark miokard dalam 12 bulan yang sangat rendah (~0,6 %) dibandingkan pasien dengan CT-FFR ≤ 0,80. Selain itu, angka MACE (*major adverse cardiac events*) dan revaskularisasi tidak terencana juga jauh lebih rendah pada kelompok CT-FFR negatif dibandingkan positif. Hal tersebut menunjukkan integrasi *Fractional Flow Reserve* dari *Computed Tomography* (FFR-CT) tidak hanya memengaruhi pengambilan keputusan klinis, tetapi juga memberikan dampak penting terhadap *outcome* dari pasien. FFR-CT terbukti memiliki nilai prognostik tambahan dalam memprediksi kejadian kardiovaskular mayor (*Major Adverse Cardiac Events* / MACE). (Nørgaard et al., 2022).

Data jangka menengah hingga jangka panjang turut memperkuat nilai prognostik CT-FFR. Pada analisis kohort dengan waktu pengamatan lebih dari lima tahun, nilai CT-FFR ≤ 0,80 terbukti sebagai prediktor independen terhadap terjadinya *major adverse cardiac events* (MACE), bahkan setelah dilakukan penyesuaian terhadap faktor klinis dan beban aterosklerosis yang dinilai melalui CCTA. Temuan ini menunjukkan bahwa CT-FFR memiliki kemampuan yang kuat untuk mengidentifikasi pasien dengan risiko kejadian kardiovaskular yang lebih tinggi. Selain itu, ketika CT-FFR digabungkan ke dalam model prediksi yang telah mencakup parameter klinis dan anatomis, akurasi prediksi terhadap MACE meningkat secara bermakna. Hal tersebut ditunjukkan dengan peningkatan nilai C-index, parameter statistik yang menilai kemampuan diskriminatif, dari sekitar 0,79 menjadi 0,83. Hal tersebut menandakan perbaikan dalam ketepatan stratifikasi risiko (Li et al., 2025).

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, penggunaan CT-FFR terbukti memberikan manfaat penting dalam proses penegakan diagnosis dan pengambilan keputusan terapi pada penyakit arteri koroner. Penambahan CT-FFR pada pemeriksaan CCTA mampu mengurangi rujukan yang tidak perlu ke *Invasive Coronary Angiography* (ICA), karena dokter dapat lebih tepat menentukan pasien yang benar-benar membutuhkan tindakan intervensi, sehingga prosedur invasif yang berisiko dan berbiaya tinggi dapat dihindari. Penelitian seperti ADVANCE Registry dan PLATFORM Trial menunjukkan bahwa penggunaan CT-FFR menurunkan angka ICA tanpa obstruksi signifikan dan mencegah lebih dari separuh tindakan ICA yang sebelumnya telah direncanakan. Pada kasus

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

2025, Vol. 21 No. 4
Prefix DOI 10.5455/mnj.v1i2.644xa

koroner kompleks, CT-FFR juga mampu mengubah rekomendasi terapi dan strategi revaskularisasi, seperti terlihat pada studi SYNTAX III Revolution. Selain itu, CT-FFR memiliki nilai prognostik yang bermakna, karena pasien dengan CT-FFR > 0,80 memiliki risiko kejadian kardiovaskular mayor (MACE) yang sangat rendah, sedangkan CT-FFR ≤ 0,80 berhubungan dengan peningkatan risiko MACE jangka panjang. Ketika digabungkan dengan data klinis dan anatomis, CT-FFR meningkatkan ketepatan stratifikasi risiko sehingga keputusan terapeutik dapat dibuat dengan lebih personal, efisien, dan berbasis bukti.

DAFTAR PUSTAKA

Andreini, D., Modolo, R., Katagiri, Y., Mushtaq, S., Sonck, J., Collet, C., De Martini, S., Roberto, M., Tanaka, K., Miyazaki, Y., Czapla, J., Schoors, D., Plass, A., Maisano, F., Kaufmann, P., Orry, X., Metzdorf, P. A., Folliguet, T., Färber, G., … Bartorelli, A. L. (2019). Impact of Fractional Flow Reserve Derived from Coronary Computed Tomography Angiography on Heart Team Treatment Decision-Making in Patients with Multivessel Coronary Artery Disease: Insights from the SYNTAX III REVOLUTION Trial. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, *12*(12). https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.118.007607

Balanescu, S. (2016). Fractional flow reserve assessment of coronary artery stenosis. *European Cardiology Review* , *11*(2), 77–82. https://doi.org/10.15420/ecr/2016:24:2

Haykal, T., Atmadikoesoemah, C. A., Putra, A. N., Parlautan, A., Saragih, W. M., & Kasim, M. (2018). Detailed Precision of Computed Tomography Angiography Compared to Invasive Angiography in Different Coronary Vessels: Overestimate, Underestimate, or Concordance? *Indonesian Journal of Cardiology Indonesian J Cardiol*, *39*, 7–14.

Jiang, W., Pan, Y., Hu, Y., Leng, X., Jiang, J., Feng, L., Xia, Y., Sun, Y., Wang, J., Xiang, J., & Li, C. (2021). Diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography-derived fractional flow reserve. *BioMedical Engineering Online*, *20*(1). https://doi.org/10.1186/s12938-021-00914-3

Jiménez-Partinen, A., Molina-Cabello, M. A., Thurnhofer-Hemsi, K., Palomo, E. J., Rodríguez-Capitán, J., Molina-Ramos, A. I., & Jiménez-Navarro, M. (2024). *CADICA: a new dataset for coronary artery disease detection by using invasive coronary angiography*. https://doi.org/10.1111/exsy.13708

Kasaeian, A., Ahmadzade, M., Hoffman, T., Ghasemi-Rad, M., & Ayyappan, A. P. (2025). Fractional Flow Reserve from Coronary CT: Evidence, Applications, and Future Directions. In *Journal of Cardiovascular Development and Disease* (Vol. 12, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/jcdd12080279

Li, Z., Xu, T., Wang, Z., Ding, Y., Zhang, Y., Lin, L., Wang, M., Xu, L., & Zeng, Y. (2025). Prognostic Significance of Computed Tomography-Derived Fractional Flow Reserve for Long-Term Outcomes in Individuals With Coronary Artery Disease. *Journal of the American Heart Association* , *14*(2). https://doi.org/10.1161/JAHA.124.037988

Luo, C., Ruan, Y., Sun, P., Wang, H., Yang, W., Gong, Y., & Wang, D. (2022). The Role of Transcription Factors in Coronary Artery Disease and Myocardial Infarction. In *Frontiers in Bioscience - Landmark* (Vol. 27, Issue 12). IMR Press Limited. https://doi.org/10.31083/j.fbl2712329

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

2025, Vol. 21 No. 4
Prefix DOI 10.5455/mnj.v1i2.644xa

Nørgaard, B. L., Gaur, S., Fairbairn, T. A., Douglas, P. S., Jensen, J. M., Patel, M. R., Ihdayhid, A. R., Ko, B. S. H., Sellers, S. L., Weir-McCall, J., Matsuo, H., Niels Peter, R. S., Øvrehus, K. A., Rogers, C., Mullen, S., Nieman, K., Parner, E., Leipsic, J., & Abdulla, J. (2022). Prognostic value of coronary computed tomography angiographic derived fractional flow reserve: a systematic review and meta-analysis. *Heart*, *108*(3), 194–202. https://doi.org/10.1136/heartjnl-2021-319773

Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., Barengo, N. C., Beaton, A., Benjamin, E. J., Benziger, C. P., Bonny, A., Brauer, M., Brodmann, M., Cahill, T. J., Carapetis, J. R., Catapano, A. L., Chugh, S., Cooper, L. T., Coresh, J., … Fuster, V. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study. In *Journal of the American College of Cardiology* (Vol. 76, Issue 25, pp. 2982–3021). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010

Villines, T. C. (2018). Can CT-derived FFR better inform clinical decision-making and improve outcomes in stable ischaemic heart disease? In *European Heart Journal* (Vol. 39, Issue 41, pp. 3712–3714). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy559

Willyana, C., Ongko, F., Liman, M., & Atzmardina, Z. (2023). Diagnosis Komunitas dalam Upaya Penurunan Kasus Baru Penyakit Jantung Koroner di Wilayah Kerja Puskesmas Gembong, Kecamatan Balaraja, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten Periode 07 November – 21 Desember 2022. *Malahayati Nursing Journal*, *5*(8), 2538–2558. https://doi.org/10.33024/mnj.v5i8.9312