

HERALD ID > OPINI

Kombinasi Matematika Kompleks untuk Deteksi, Prediksi, dan Manajemen Fibrilasi Atrium

marwah  - 21 November 2025, 16:03

Ikuti Channel Herald ID untuk mengikuti perkembangan berita terbaru

Penulis: Lilies Handayani, Jordan Bakhriansyah, Baharuddin Baharuddin

HERALD.ID – Matematika merupakan fondasi utama dibalik kecerdasan buatan modern, terutama dalam analisis sinyal medis yang membutuhkan ketelitian dan stabilitas perhitungan. Dalam mendeteksi fibrilasi atrium (FA), algoritma AI bekerja menggunakan struktur matematika tingkat lanjut seperti aljabar linear, transformasi Fourier, kalkulus multivariabel, hingga optimasi berbasis gradien. Setiap sinyal listrik jantung direpresentasikan sebagai deret angka, kemudian dipetakan melalui fungsi aktivasi dan lapisan jaringan saraf untuk menemukan pola ritmis yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia, namun meniru kemampuan otak manusia.

Di balik satu rekaman EKG terdapat ribuan titik data yang harus dianalisis secara simultan. Model deep learning memanfaatkan konsep convolution untuk menyaring frekuensi, pola amplitudo, dan variasi mikro pada gelombang P yang sering menjadi tanda awal terjadinya FA. Bagi para matematikawan, FA adalah sistem dinamis non-linear yang kacau, sementara bagi dokter, ia adalah sumber risiko stroke. AI bertindak sebagai penghubung antara kerumitan model matematis dan kebutuhan klinis, sehingga dokter memperoleh rekomendasi berbasis data yang lebih presisi dan dapat dipertanggungjawabkan. Inilah alasan mengapa kolaborasi lintas disiplin diperlukan. Dokter memahami fisiologi dan implikasi terapeutik FA, matematikawan membangun fondasi modelnya, dan ahli AI mengintegrasikan keduanya menjadi sistem prediksi yang mampu bekerja dalam skala

TERPOPULER

**1 SEPAK BOLA**
Jadwal Liga Inggris, Italia, Spanyol, Jerman, dan Prancis Akhir Pekan Ini**2 PERISTIWA**
WNI Korban Kebakaran Apartemen Hong Kong Bertambah Jadi 6 Orang**3 OLAH RAGA**
Hari Ini, Fajar Alfian Nikahi Kekasihnya**4 PERISTIWA**
Istri Gubernur Aceh Menginap di SPBU Setelah Dua Hari Terjebak Banjir**5 HERALDNEWS**
Gary Iskak Meninggal, Ucapan Duka Penggemar Banjiri Instagramnya**6 HERALDNEWS**
Banjir Bawa Bukti Potongan Kayu, Dony Oskaria Geram Desak Kapolda Aceh, Sumut...**7 PERISTIWA**
Banyak Kayu Gelondongan di Banjir Sumatera, Kemenhut Duga Bekas Tebangan yang...**8 INTERNASIONAL**
13 Anak Gaza Tiba di Swiss untuk Perawatan Medis**9 HUKUM**
Penumpang Diperkosa di Taksi Online, Irine Yustina Desak Penguatan Sistem...**1 MUSLIM**
Panitia Mubes NU DIY Miris Diserang Banyak Konflik Internal Salah Satunya Isu...

jutaan data. Kombinasi ketiga bidang ini menciptakan lompatan besar dalam deteksi dini penyakit jantung modern.

BACA JUGA:

Secangkir Kopi Sehari Bisa Cegah Irama Jantung Tak Teratur



Penerapan AI pada Deteksi Gangguan Jantung

AI telah digunakan secara luas dalam kardiologi untuk membaca pola irama jantung dengan akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode manual. Data rekam medis elektronik (RME) berisi ratusan variabel, mulai dari usia, tekanan darah, riwayat komorbiditas, hingga hasil imaging, diproses melalui model machine learning untuk menghasilkan estimasi risiko personal. Beberapa penelitian besar telah menunjukkan bahwa model ML mampu mencapai nilai AUC mendekati 0,80 pada prediksi kejadian FA baru.

Dengan memanfaatkan algoritma seperti gradient boosting dan neural networks, AI mampu mengekstrak hubungan kompleks antara variabel yang sebelumnya sulit dijelaskan secara matematis. Hal ini memungkinkan deteksi gangguan irama jantung berlangsung secara proaktif, bukan hanya ketika gejala muncul. Data besar dari smartwatch, patch monitoring, hingga sensor rumah sakit menghasilkan aliran sinyal kontinu yang dianalisis secara real-time oleh model prediktif.

Hasil akhirnya adalah sistem yang dapat memberi peringatan dini, menyarankan monitoring lanjutan, atau memprediksi perjalanan penyakit. AI tidak menggantikan klinisi, tetapi memperluas kemampuan mereka dalam mengamati perubahan kecil yang dapat berujung pada kejadian aritmia serius. Inilah bentuk kedokteran presisi berbasis data yang mulai digunakan di berbagai pusat jantung dunia.

Deteksi Fibrilasi Atrium (FA). Fibrilasi atrium merupakan aritmia umum yang sering tidak bergejala, tetapi dapat meningkatkan risiko stroke secara signifikan, sehingga deteksi dini menjadi sangat penting, tanpa keluhan apa pun, dan meningkatkan risiko stroke lima kali lipat. Keunggulan AI terlihat paling jelas pada teknologi AI-ECG, yang mampu membaca pola tersembunyi dalam sinyal EKG sinus. Penelitian berbasis 650.000 rekaman EKG menunjukkan bahwa teknologi AI-ECG terbukti mampu memprediksi risiko FA masa depan dengan performa

tinggi (AUC 0,87), menunjukkan potensi besar dalam skrining populasi berisiko. untuk satu rekaman EKG sederhana.

BACA JUGA:

Hati-Hati! Stres Bisa Memicu Henti Jantung dan Cara Mencegahnya

Model deep learning bekerja dengan mempelajari ratusan ribu contoh gelombang P dan variasi kelistrikan atrium yang terlalu halus untuk dilihat klinisi. Bahkan dalam studi yang lebih kecil, teknologi AI mampu mencapai akurasi 90% untuk mendeteksi FA paroksismal hanya dari rekaman irama sinus. Di sisi lain, integrasi AI dengan data RME membantu menentukan siapa yang paling diuntungkan dari pemantauan EKG jangka panjang, seperti Holter 30 hari atau patch monitoring.

Yang lebih menarik, beberapa penelitian kini menggunakan kamera video berbasis photoplethysmography (PPG) untuk mendeteksi FA tanpa kontak fisik. Algoritma convolutional neural network mengolah variasi warna wajah akibat pulsasi darah dan mencocokkannya dengan pola iregularitas yang khas pada FA. Konsep ini memperlihatkan bahwa FA di masa depan dapat dideteksi dengan cara yang jauh lebih mudah, murah, dan accessible untuk masyarakat.

Ada Keterbatasan Pada AI

Walaupun AI menjanjikan banyak kelebihan, terdapat batasan penting yang tidak boleh diabaikan. Banyak model dilatih pada dataset besar yang tidak selalu mewakili variasi ras, lingkungan, atau kondisi medis populasi global. Hal ini membuat performa model tidak stabil ketika diterapkan di luar lokasi studi awal, sehingga validasi eksternal yang ketat menjadi syarat mutlak.

BACA JUGA:

Ini 6 Makanan Sehat yang Baik untuk Kesehatan Jantung

Selain itu, sebagian besar algoritma AI bekerja dengan pendekatan black box, membuat klinisi sulit memahami alasan sebuah prediksi dihasilkan. Meskipun teknik seperti saliency mapping dapat menunjukkan area EKG yang menjadi fokus model, penjelasannya tetap tidak sekomprehensif interpretasi fisiologis manusia. Selain isu akurasi, aspek etika seperti kerahasiaan data pasien, transparansi algoritma, dan kejelasan tanggung jawab klinis menjadi tantangan penting dalam penerapan AI di layanan kesehatan.

Wearable dan sensor kesehatan sangat membantu, tetapi kualitas sinyalnya dipengaruhi gerakan tubuh, pencahayaan, hingga konektivitas, sehingga tetap memerlukan verifikasi klinis untuk mencegah misdeteksi. Karena itu, AI tidak dapat berdiri sendiri tanpa supervisi klinisi yang kompeten. Integrasi terbaik tetap memerlukan pendekatan "dokter + AI", bukan "AI menggantikan dokter".

Kesimpulan

Perpaduan matematika lanjutan, model AI, dan keahlian klinis kini membawa perubahan nyata dalam penatalaksanaan fibrilasi atrium, memungkinkan prediksi yang lebih dini dan manajemen yang semakin personal. Dengan kemampuan membaca sinyal mikro dan memprediksi kejadian FA jauh sebelum gejala muncul, AI menawarkan keunggulan yang tidak dimiliki pemeriksaan

konvensional. Teknologi ini membuat skrining dan penatalaksanaan FA bergerak dari reaktif menjadi prediktif dan personal.

Meskipun begitu, AI tetap membutuhkan validasi berkelanjutan dan pengawasan ketat untuk memastikan keamanan dan manfaat klinisnya. Integrasi dengan rekam medis elektronik, wearable, dan imaging akan memperkaya sistem prediksi sehingga keputusan klinis semakin terarah dan efisien.

Keberhasilan penerapan AI dalam manajemen FA bergantung pada sinergi tiga pihak: matematikawan yang merancang struktur model, dokter yang memahami konteks biologis-klinis, dan ilmuwan AI yang memastikan teknologi berfungsi aman dan andal bagi pasien. Tim ini bersama-sama menciptakan ekosistem kardiologi modern yang lebih akurat, cepat, dan humanistik.

• Referensi

- Salvi M, Acharya MR, Seoni S, et al. Artificial intelligence for atrial fibrillation detection, prediction, and treatment: A systematic review of the last decade (2013–2023). *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*. 2024.
- Attia ZI, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, et al. An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm. *Lancet*. 2019.
- Harmon DM, Sehwat O, Maanja M, Wight J, Noseworthy PA. Artificial Intelligence for the Detection and Treatment of Atrial Fibrillation. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2023.
- Christopoulos G, Graff-Radford J, Lopez CL, et al. Artificial intelligence–electrocardiography to predict incident atrial fibrillation: A population-based study. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2020.
- Yan BP, Lai WHS, Chan CKY, et al. High-throughput, contact-free detection of atrial fibrillation from video with deep learning. *JAMA Cardiology*. 2020.
- Kwon S, Hong J, Choi E-K, et al. Detection of atrial fibrillation using a ring-type wearable device (CardioTracker) and deep learning analysis of photoplethysmography signals: prospective observational proof-of-concept study. *J Med Internet Res*. 2020.

*) Department of Statistics, Tadulako University, Palu, Indonesia/Institute of Transdisciplinary Sciences for Innovation, Kanazawa University, Kanazawa, Japan

**) Fakultas Kedokteran Universitas Surabaya, Surabaya, Indonesia.

***) Fakultas Kedokteran Universitas Surabaya, Surabaya, Indonesia.

TAG

jantung



PT. Herald Indonesia Media



Phone/Whatsapp: +6285825123465



redaksi@herald.id (Redaksi)



heraldindonesia@gmail.com (Kerjasama)

Jelajahi Berita di Apps Kami

Download di
App StoreTEMUKAN DI
Google Play

Network

Herald.ID

Herald Sulsel

Herald Sulbar

Herald Kaltara

Herald Sultra

Inilah

Herald Jabar

Herald Kaltim

Herald Yogyakarta

Herald Bali

Herald Sulteng

Herald Jateng

Herald Kalsel

Herald Sumut

Herald Palembang

Amartha Hangtuh

Informasi

Tentang Kami

Kebijakan Privasi

Kontak Kami

Struktur Redaksi

Pedoman Media Siber



Herald Indonesia telah diverifikasi oleh Dewan Pers
Sertifikat Nomor 1111/DP-Verifikasi/K/VIII/2023.

<https://dewanpers.or.id/data/perusahaanpers>

Copyright © 2025 Herald ID. All rights reserved.