

Kemajuan Pemeriksaan Penunjang dalam Meningkatkan Ketepatan dan Kecepatan Diagnosis Penyakit di Era Digitalisasi

Advances in Diagnostic Modalities to Improve the Accuracy and Timeliness of Disease Diagnosis in the Digital Era

Susanthy Djajalaksana

Penulis Koresponding:

Departemen Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya-RSUD Dr Saiful Anwar Malang,
Jalan Jaksa Agung Suprpto No. 2, Malang 65112, Jawa Timur – Indonesia

Email: susanthydi@gmail.com

Diagnosis yang tepat dan cepat merupakan fondasi utama dalam penatalaksanaan penyakit. Keterlambatan atau ketidaktepatan diagnosis dapat berujung pada terapi yang tidak optimal, peningkatan morbiditas, mortalitas, serta beban biaya kesehatan. Seiring berkembangnya era digitalisasi, pemeriksaan penunjang medis mengalami transformasi signifikan, tidak hanya dari sisi teknologi alat, tetapi juga integrasi data, kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*), dan sistem informasi kesehatan. Kemajuan ini berperan penting dalam meningkatkan akurasi serta efisiensi proses diagnostik di berbagai bidang kedokteran.

Pemeriksaan penunjang modern mencakup berbagai modalitas, antara lain pemeriksaan laboratorium, pencitraan medis, patologi anatomi, diagnostik molekuler, dan pemeriksaan faal fungsi organ. Digitalisasi memungkinkan pemeriksaan-pemeriksaan ini dilakukan dengan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Pada bidang laboratorium klinik, otomatisasi dan digital laboratory systems memungkinkan pemrosesan sampel dalam jumlah besar dengan waktu yang lebih singkat dan kesalahan manusia yang minimal. Teknologi high-

throughput testing, seperti *polymerase chain reaction (PCR)*, *next-generation sequencing (NGS)*, serta pemeriksaan biomarker berbasis omics (genomics, proteomics, metabolomics), telah mempercepat identifikasi etiologi penyakit, termasuk penyakit infeksi, keganasan, dan penyakit genetik.

Dalam pencitraan medis, kemajuan teknologi seperti *computed tomography (CT)* multi-slice, *magnetic resonance imaging (MRI)* resolusi tinggi, *positron emission tomography (PET)*, serta *hybrid imaging (PET/CT dan PET/MRI)* memungkinkan deteksi dini kelainan struktural dan fungsional. Digital imaging juga memfasilitasi penyimpanan, distribusi, dan analisis citra melalui *picture archiving and communication system (PACS)*.

Salah satu tonggak penting di era digital adalah pemanfaatan kecerdasan buatan dan *machine learning* dalam pemeriksaan penunjang. AI mampu menganalisis data kompleks dalam jumlah besar, mengidentifikasi pola yang sulit dikenali secara visual oleh manusia, serta memberikan prediksi diagnostik dengan tingkat akurasi tinggi. Dalam radiologi, algoritma *deep learning* telah terbukti membantu deteksi

dini kanker paru, kanker payudara, stroke, dan pneumonia, bahkan dengan performa yang setara atau melampaui pembaca manusia pada kondisi tertentu. Pada patologi digital, whole slide imaging yang dikombinasikan dengan AI dapat meningkatkan ketepatan klasifikasi tumor dan grading histopatologis. Selain itu, integrasi data laboratorium, pencitraan, dan data klinis melalui elektronik health record (EHR) memungkinkan pendekatan diagnosis berbasis big data dan clinical decision support systems (CDSS). Sistem ini membantu klinisi dalam pengambilan keputusan secara tepat dan berbasis bukti.

Digitalisasi pemeriksaan penunjang memberikan dampak nyata terhadap peningkatan ketepatan diagnosis melalui :

1. Peningkatan sensitivitas dan spesifisitas pemeriksaan,
2. Deteksi dini penyakit, khususnya pada fase subklinis atau stadium awal.
3. Standarisasi hasil pemeriksaan, yang mengurangi variasi antar-pemeriksa.

Dari sisi kecepatan, otomatisasi dan integrasi sistem digital mempercepat alur pemeriksaan, mulai dari pengambilan sampel, analisis, hingga pelaporan hasil secara real-time. Hal ini sangat krusial pada kondisi kegawatdaruratan dan penyakit progresif perburukan dengan cepat.

Di Era Digitalisasi penegakan diagnosis paru juga tidak terlepas dari peran AI karena penyakit paru memiliki karakteristik klinis yang sering saling tumpang tindih, sehingga diagnosis berbasis gejala saja kerap tidak memadai. Pemeriksaan penunjang menjadi kunci utama dalam menegakkan diagnosis secara akurat. Kemajuan pencitraan, faal paru, diagnostik molekuler, dan kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI) ¹¹ telah meningkatkan sensitivitas, spesifisitas, serta kecepatan diagnosis penyakit paru, sekaligus mengurangi variasi interpretasi antar-pemeriksa. Contoh untuk diagnosis

PPOK, spirometri tetap menjadi gold standard, namun saat ini digunakan digital spirometri yang menggunakan LLN berbasis Z-score (GLI) lebih akurat dibanding cut-off tetap FEV1/FVC <70%, mampu mengurangi overdiagnosis pada usia lanjut dan underdiagnosis pada usia muda. Digital spirometry meningkatkan kualitas manuver dan interpretasi otomatis. Penegakan diagnosis Asma, selain penggunaan spirometri digital, saat ini juga digunakan Fractional Exhaled Nitric Oxide (FeNO) yang merupakan biomarker inflamasi eosinofilik, memiliki sensitivitas: 80-85% dan spesifisitas: 75-80%, sangat akurat untuk mendukung diagnosis asma dan memandu apakah membutuhkan terapi inhalasi corticosteroid. Pemanfaatan AI, faal paru digital, pencitraan resolusi tinggi, dan diagnostik molekuler menjadi fondasi penting menuju precision respiratory medicine.

DAFTAR PUSTAKA

1. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019;25(1):44-56.
2. Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, Valentim CCS, Liang H, Baxter SL, et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. *Cell.* 2018;172(5):1122-1131.
3. Rubin GD, Lungren MP, Halabi SS, et al. Artificial intelligence in imaging: opportunities, challenges, and future directions. *Radiology.* 2019;291(3):565-575.
4. Pantanowitz L, Sharma A, Carter AB, et al. Digital pathologists: a College of American Pathologists perspective. *Arch Pathol Lab Med.* 2020;144(1):10-18.
5. Hood L, Friend SH. Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. *Nat Rev Clin Oncol.* 2011;8(3):184-187.
6. Ristevski B, Chen M. Big data analytics in medicine and healthcare. *J Integr Bioinform.* 2018;15(3):1-9.
7. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention; 2025.
8. World Health Organization. WHO consolidated guidelines on tuberculosis; 2023.
9. American Academy of Sleep Medicine. Clinical practice guideline; 2017.