

PENERAPAN DEEP LEARNING

UNTUK DETEKSI DINI MULTI-KANKER BERBASIS CITRA

Egi Safitri
Rini Nurlistiani
Muhammad Rezky Adytama
Novita Triyasri



Penerapan *Deep Learning* untuk Deteksi Dini Multi-Kanker Berbasis Citra

**Egi Safitri
Rini Nurlistiani
Muhammad Rezky Adytama
Novita Triyasri**



PT YAPINDO JAYA ABADI

Anggota IKAPI: No. 627/DKI/2023

Penerapan *Deep Learning* untuk Deteksi Dini Multi-Kanker Berbasis Citra

Penulis : Egi Safitri, Rini Nurlistiani, Muhammad Rezky
Adytama, dan Novita Triyasri
ISBN : 978-634-7789-71-6 (PDF)
Penyunting Naskah : Ananda Salsa Sabila, S.S.
Tata Letak : Ananda Salsa Sabila, S.S.
Desain Sampul : Novikean Keysah Sanisri

Penerbit

PT Yapindo Jaya Abadi

Jl. Tanjung Duren Raya No. 89 C RT 06/RW 05, Kelurahan Tanjung Duren Selatan, Kecamatan Grogol Petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11470

E-Mail : yapjadi@gmail.com

Website : yapindo.co.id

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran UU No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku berjudul ***Penerapan Deep Learning untuk Deteksi Dini Multi-Kanker Berbasis Citra*** dapat hadir di tengah masyarakat sebagai bacaan yang inspiratif dan relevan dengan perkembangan zaman. Buku ini disusun sebagai upaya untuk memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang kesehatan digital, khususnya pada pengembangan teknologi kecerdasan buatan untuk mendukung diagnosis medis berbasis citra.

Perkembangan teknologi deep learning telah membuka peluang besar dalam analisis citra medis, mulai dari deteksi kanker kulit, kanker paru-paru, kanker payudara, hingga berbagai jenis kanker lainnya. Dengan kemampuan untuk mengenali pola kompleks dari data citra, metode ini diharapkan dapat membantu meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi dini, sehingga penanganan pasien dapat dilakukan lebih efektif.

Semoga buku ini memberi manfaat nyata, menambah inspirasi, dan mendorong masyarakat umum di bidang kecerdasan bauta dan Kesehatan.

Jakarta, Juli 2026

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Deteksi Dini Kanker.....	1
1.2 Permasalahan Diagnosis Manual Berbasis Citra	3
1.3 Peran <i>Artificial Intelligence</i> dalam Dunia Medis	5
BAB 2 DASAR-DASAR KANKER DAN PENCITRAAN MEDIS.....	9
2.1 Konsep Dasar Kanker dan Perkembangannya.....	9
2.2 Jenis-Jenis Kanker yang Dapat Dideteksi dengan Citra	10
2.3 Modalitas Pencitraan Medis.....	31
2.4 Tantangan dalam Analisis Citra Medis untuk Deteksi Kanker.....	37
BAB 3 FUNDAMENTAL DEEP LEARNING UNTUK ANALISIS CITRA	45
3.1 <i>Machine Learning vs Deep Learning</i>	45
3.2 Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	50
3.3 Konsep <i>Transfer Learning</i>	55
3.4 Segmentasi Citra Medis	59
3.5 Evaluasi Model	64

**BAB 4 METODOLOGI PENGEMBANGAN SISTEM
DETEKSI MULTI-KANKER.....72**

 4.1 Tahapan Pengumpulan Dataset..... 72

 4.2 Preprocessing dan Augmentasi Data 73

 4.3 Perancangan Arsitektur Model 74

 4.4 Proses Training dan Validasi 75

 4.5 Evaluasi dan Interpretasi Model 76

**BAB 5 IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI KANKER
OTAK79**

 5.1 Karakteristik Kanker Otak pada Citra MRI..... 80

 5.2 Struktur Dataset dan Persiapan Data 81

 5.3 Perancangan Model Deteksi Kanker Otak..... 82

 5.4 Proses Pelatihan dan Validasi 82

 5.5 Evaluasi Performa Sistem..... 83

 5.6 Interpretasi dan Relevansi Klinis..... 84

**BAB 6 INTERPRETABILITAS DAN ETIKA AI MEDIS
.....87**

 6.1 *Explainable* AI (Grad-CAM, LIME, SHAP)..... 87

 6.2 Bias dan Validitas Model..... 89

 6.3 Regulasi dan Etika Penggunaan AI di Bidang Kesehatan
 90

 6.4 Tantangan Implementasi di Rumah Sakit..... 91

BAB 7 PENUTUP.....94

 7.1 Kesimpulan 94

7.2 Rekomendasi Pengembangan	96
GLOSARIUM.....	98
DAFTAR PUSTAKA	105
PROFIL PENULIS	111

GLOSARIUM

<i>Istilah</i>	Definisi
<i>Akurasi (Accuracy)</i>	Persentase prediksi yang benar dari seluruh data yang diuji.
<i>Angiogenesis</i>	Proses pembentukan pembuluh darah baru yang sering dimanfaatkan sel kanker untuk tumbuh.
<i>Apoptosis</i>	Proses kematian sel terprogram yang berfungsi menjaga keseimbangan pertumbuhan sel normal.
<i>Artificial Intelligence (AI)</i>	Cabang ilmu komputer yang memungkinkan mesin meniru kemampuan berpikir manusia seperti belajar dan mengambil keputusan.
<i>Artefak Citra</i>	Gangguan visual pada citra medis akibat pergerakan pasien, perangkat, atau faktor teknis lainnya.
<i>Augmentasi Data</i>	Teknik memperbanyak variasi data dengan rotasi, flipping, atau perubahan kecil lainnya tanpa mengubah makna klinis.
<i>Batch Size</i>	Jumlah data yang diproses dalam satu iterasi pelatihan model.

<i>Bias Algoritma</i>	Ketidakadilan model yang menyebabkan performa berbeda pada kelompok data tertentu.
<i>CNN (Convolutional Neural Network)</i>	Arsitektur deep learning yang dirancang khusus untuk analisis citra dengan operasi konvolusi.
<i>Confusion Matrix</i>	Tabel evaluasi yang menunjukkan perbandingan antara prediksi model dan label sebenarnya.
<i>CT-Scan (Computed Tomography)</i>	Modalitas pencitraan medis berbasis sinar-X yang menghasilkan citra potongan melintang tubuh.
<i>Deep Learning</i>	Cabang machine learning yang menggunakan jaringan saraf berlapis (multi-layer) untuk belajar dari data kompleks.
<i>Dermoskopi</i>	Teknik pencitraan kulit menggunakan pembesaran untuk mendeteksi lesi atau kanker kulit.
<i>Dice Coefficient</i>	Metrik evaluasi segmentasi untuk mengukur kesamaan antara mask prediksi dan ground truth.
<i>Domain Shift</i>	Perbedaan distribusi data antara dataset pelatihan dan dataset baru.

<i>Early Stopping</i>	Teknik menghentikan pelatihan saat performa validasi mulai menurun untuk mencegah overfitting.
<i>Edema</i>	Pembengkakan jaringan akibat penumpukan cairan, sering terlihat di sekitar tumor.
<i>EfficientNet</i>	Arsitektur CNN yang efisien dalam jumlah parameter dan performa tinggi.
<i>Epoch</i>	Satu siklus penuh pelatihan seluruh data dalam model.
<i>Explainable AI (XAI)</i>	Pendekatan AI yang memungkinkan model menjelaskan dasar pengambilan keputusannya.
<i>False Negative (FN)</i>	Kasus kanker yang tidak terdeteksi oleh model.
<i>False Positive (FP)</i>	Kasus normal yang salah diprediksi sebagai kanker.
<i>Feature Engineering</i>	Proses ekstraksi fitur secara manual dalam machine learning tradisional.
<i>Fine-Tuning</i>	Proses melatih ulang sebagian layer model pretrained agar sesuai dengan data baru.
<i>F1-Score</i>	Metrik yang menyeimbangkan precision dan recall.

<i>Grad-CAM</i>	Metode visualisasi yang menunjukkan area citra yang memengaruhi keputusan model CNN.
<i>Grading</i>	Penilaian tingkat keganasan kanker berdasarkan karakteristik sel.
<i>Ground Truth</i>	Label atau data referensi yang dianggap benar secara klinis.
<i>Heatmap</i>	Visualisasi berwarna yang menunjukkan area penting dalam citra.
<i>Histopatologi</i>	Pemeriksaan jaringan tubuh menggunakan mikroskop untuk mendiagnosis penyakit.
<i>IoU (Intersection over Union)</i>	Metrik untuk mengukur kesamaan antara area prediksi dan area sebenarnya pada segmentasi.
<i>Learning Rate</i>	Parameter yang mengatur kecepatan pembaruan bobot model selama pelatihan.
<i>LIME</i>	Metode Explainable AI yang menjelaskan prediksi model pada satu kasus tertentu.
<i>Mammografi</i>	Modalitas X-ray khusus untuk pemeriksaan jaringan payudara.
<i>Machine Learning</i>	Metode AI yang memungkinkan sistem belajar dari data tanpa diprogram secara eksplisit.
<i>Mask R-CNN</i>	Arsitektur deep learning untuk deteksi objek dan segmentasi instance.

<i>Metastasis</i>	Penyebaran sel kanker dari organ asal ke organ lain.
<i>MRI (Magnetic Resonance Imaging)</i>	Modalitas pencitraan menggunakan medan magnet dan gelombang radio untuk menghasilkan citra jaringan lunak.
<i>Multi-Modal</i>	Pendekatan yang menggabungkan beberapa jenis data, seperti citra dan data klinis.
<i>Multi-Kelas</i>	Model yang dapat mengklasifikasikan lebih dari dua kategori.
<i>Nekrosis</i>	Kematian jaringan yang sering ditemukan pada kanker agresif.
<i>Normalisasi</i>	Proses menyamakan rentang nilai piksel agar konsisten.
<i>Overfitting</i>	Kondisi ketika model terlalu menyesuaikan data pelatihan sehingga kurang baik pada data baru.
<i>PACS</i>	Sistem penyimpanan dan distribusi citra medis di rumah sakit.
<i>Pap Smear</i>	Pemeriksaan sitologi untuk mendeteksi perubahan sel serviks.
<i>Precision</i>	Ketepatan model dalam memprediksi kasus positif.
<i>Preprocessing</i>	Tahap persiapan data sebelum dimasukkan ke model.

<i>Recall (Sensitivity)</i>	Kemampuan model mendeteksi seluruh kasus kanker yang ada.
<i>ResNet</i>	Arsitektur CNN dengan residual connection untuk mengatasi masalah vanishing gradient.
<i>ROI (Region of Interest)</i>	Area fokus pada citra yang dianalisis oleh model.
<i>Segmentasi</i>	Proses memisahkan area tertentu pada citra, seperti tumor dari jaringan normal.
<i>SHAP</i>	Metode Explainable AI berbasis teori permainan untuk mengukur kontribusi fitur terhadap prediksi.
<i>Softmax</i>	Fungsi aktivasi untuk klasifikasi multi-kelas.
<i>Staging</i>	Penentuan stadium kanker berdasarkan luas penyebaran penyakit.
<i>Stride</i>	Langkah pergeseran filter pada operasi konvolusi.
<i>TNM</i>	Sistem klasifikasi kanker berdasarkan ukuran tumor (T), kelenjar getah bening (N), dan metastasis (M).
<i>Transfer Learning</i>	Teknik menggunakan model yang telah dilatih sebelumnya untuk tugas baru.
<i>True Negative (TN)</i>	Kasus normal yang diprediksi benar sebagai normal.

<i>True Positive (TP)</i>	Kasus kanker yang diprediksi benar sebagai kanker.
<i>U-Net</i>	Arsitektur deep learning yang populer untuk segmentasi citra medis.
<i>Ultrasound</i>	Modalitas pencitraan menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi.
<i>Validation Set</i>	Data yang digunakan untuk mengevaluasi model selama pelatihan.
<i>Vision Transformer</i>	Arsitektur deep learning berbasis mekanisme attention untuk analisis citra.
<i>Whole Slide Image (WSI)</i>	Citra histopatologi resolusi sangat tinggi yang mencakup seluruh jaringan preparat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguiar-Ibáñez, R., Mbous, Y. P. V., Sharma, S., & Chawla, E. (2025). Assessing the clinical, humanistic, and economic impact of early cancer diagnosis: a systematic literature review. In *Frontiers in Oncology* (Vol. 15). <https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1546447>
- Ahmad, H. K., Milne, M. R., Buchlak, Q. D., Ektas, N., Sanderson, G., Chamtie, H., Karunasena, S., Chiang, J., Holt, X., Tang, C. H. M., Seah, J. C. Y., Bottrell, G., Esmaili, N., Brothie, P., & Jones, C. (2023). Machine Learning Augmented Interpretation of Chest X-rays: A Systematic Review. In *Diagnostics* (Vol. 13, Number 4). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13040743>
- Al Nufaiei, Z. F., & Alshamrani, K. M. (2025). Comparing Ultrasound, Chest X-Ray, and CT Scan for Pneumonia Detection. In *Medical Devices: Evidence and Research* (Vol. 18). <https://doi.org/10.2147/MDER.S501714>
- Ayasa, Y., Alajrami, D., Idkedek, M., Tahayneh, K., & Akar, F. A. (2025). The Impact of Artificial Intelligence on Lung Cancer Diagnosis and Personalized Treatment. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 26, Number 17). <https://doi.org/10.3390/ijms26178472>

- Bera, K., Schalper, K. A., Rimm, D. L., Velcheti, V., & Madabhushi, A. (2019). Artificial intelligence in digital pathology — new tools for diagnosis and precision oncology. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 16(11). <https://doi.org/10.1038/s41571-019-0252-y>
- Bharati, S., Mondal, M. R. H., & Podder, P. (2024). A Review on Explainable Artificial Intelligence for Healthcare: Why, How, and When? *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 5(4). <https://doi.org/10.1109/TAI.2023.3266418>
- Candemir, S., & Antani, S. (2019). A review on lung boundary detection in chest X-rays. In *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* (Vol. 14, Number 4). <https://doi.org/10.1007/s11548-019-01917-1>
- de Wilde, B., Joosten, F., Venderink, W., Davidse, M. E. J., Geurts, J., Kruijt, H., Vermeulen, A., Martens, B., Schyns, M. V. P., Huige, J. C. B. M., de Boer, M. C., Tonino, B. A. R., Zandvoort, H. J. A., Lammert, K., Parviainen, H., Vuorinen, A. M., Syväranta, S., Vogels, R. R. M., Prins, W., ... Huisman, H. (2023). Inter- and Intra-Observer Variability and the Effect of Experience in Cine-MRI for Adhesion Detection. *Journal of Imaging*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/jimaging9030055>
- Hussain, S., Mubeen, I., Ullah, N., Shah, S. S. U. D., Khan, B. A., Zahoor, M., Ullah, R., Khan, F. A., & Sultan, M. A. (2022). Modern Diagnostic Imaging Technique Applications and

- Risk Factors in the Medical Field: A Review. In *BioMed Research International* (Vol. 2022).
<https://doi.org/10.1155/2022/5164970>
- Islam, T., Hafiz, M. S., Jim, J. R., Kabir, M. M., & Mridha, M. F. (2024). A systematic review of deep learning data augmentation in medical imaging: Recent advances and future research directions. In *Healthcare Analytics* (Vol. 5).
<https://doi.org/10.1016/j.health.2024.100340>
- Jiang, S. L., Mo, J. L., Peng, J., Lei, L., Yin, J. Y., Zhou, H. H., Liu, Z. Q., & Hong, W. X. (2021). Targeting translation regulators improves cancer therapy. In *Genomics* (Vol. 113, Number 1P2). <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2020.11.011>
- Kim, H. E., Cosa-Linan, A., Santhanam, N., Jannesari, M., Maros, M. E., & Ganslandt, T. (2022). Transfer learning for medical image classification: a literature review. In *BMC Medical Imaging* (Vol. 22, Number 1).
<https://doi.org/10.1186/s12880-022-00793-7>
- Martucci, M., Russo, R., Schimperna, F., D'Apolito, G., Panfili, M., Grimaldi, A., Perna, A., Ferranti, A. M., Varcasia, G., Giordano, C., & Gaudino, S. (2023). Magnetic Resonance Imaging of Primary Adult Brain Tumors: State of the Art and Future Perspectives. In *Biomedicines* (Vol. 11, Number 2).
<https://doi.org/10.3390/biomedicines11020364>
- Najjar, R. (2023a). Redefining Radiology: A Review of Artificial Intelligence Integration in Medical Imaging. In *Diagnostics*

- (Vol. 13, Number 17).
<https://doi.org/10.3390/diagnostics13172760>
- Najjar, R. (2023b). Redefining Radiology: A Review of Artificial Intelligence Integration in Medical Imaging. In *Diagnostics* (Vol. 13, Number 17).
<https://doi.org/10.3390/diagnostics13172760>
- Naseri, H., & Safaei, A. A. (2025). Diagnosis and prognosis of melanoma from dermoscopy images using machine learning and deep learning: a systematic literature review. In *BMC Cancer* (Vol. 25, Number 1).
<https://doi.org/10.1186/s12885-024-13423-y>
- Nawaz, M., Sewissy, A. A., & Soliman, T. H. A. (2018). Multi-class breast cancer classification using deep learning convolutional neural network. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(6).
<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090645>
- Quinn, L., Tryposkiadis, K., Deeks, J., De Vet, H. C. W., Mallett, S., Mokkink, L. B., Takwoingi, Y., Taylor-Phillips, S., & Sitch, A. (2023). Interobserver variability studies in diagnostic imaging: a methodological systematic review. In *British Journal of Radiology* (Vol. 96, Number 1148).
<https://doi.org/10.1259/bjr.20220972>
- Ren, D., Chen, S., Liu, S., Zhang, X., Xue, W., Zhao, Q., & Duan, G. (2025). Development of a prediction model for pulmonary nodules using circulating tumor cells combined with the uAI

- platform. *Frontiers in Oncology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1594499>
- Santamato, V., Tricase, C., Faccilongo, N., Iacoviello, M., & Marengo, A. (2024). Exploring the Impact of Artificial Intelligence on Healthcare Management: A Combined Systematic Review and Machine-Learning Approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(22).
<https://doi.org/10.3390/app142210144>
- Serrano, J. J., & Medina, M. Á. (2025). Metabolic Reprogramming at the Edge of Redox: Connections Between Metabolic Reprogramming and Cancer Redox State. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 26, Number 2).
<https://doi.org/10.3390/ijms26020498>
- Soon, J., Houssami, N., Clemson, M., Lockie, D., Farber, R., Barratt, A., Elshaug, A., & Howard, K. (2023). The financial implications of investigating false-positive and true-positive mammograms in a national breast cancer screening program. *Australian Health Review*, 47(2).
<https://doi.org/10.1071/AH22120>
- Suharmawan, W. (2023). Pemanfaatan Chat GPT Dalam Dunia Pendidikan. *Education Journal: Journal Educational Research and Development*, 7(2).
<https://doi.org/10.31537/ej.v7i2.1248>
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality

- Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3).
<https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Tufail, M., Jiang, C. H., & Li, N. (2024). Altered metabolism in cancer: insights into energy pathways and therapeutic targets. In *Molecular Cancer* (Vol. 23, Number 1).
<https://doi.org/10.1186/s12943-024-02119-3>
- Wang, R., Lei, T., Cui, R., Zhang, B., Meng, H., & Nandi, A. K. (2022). Medical image segmentation using deep learning: A survey. *IET Image Processing*, 16(5).
<https://doi.org/10.1049/ipr2.12419>
- Wang, T., Zhang, H., Liu, Y., & Zhao, C. (2023). Updates in Cervical Cancer Screening Guidelines, The Bethesda System for Reporting Cervical Cytology, and Clinical Management Recommendations. In *Journal of Clinical and Translational Pathology* (Vol. 3, Number 2).
<https://doi.org/10.14218/JCTP.2023.00004>
- Zhou, S. K., Greenspan, H., Davatzikos, C., Duncan, J. S., Van Ginneken, B., Madabhushi, A., Prince, J. L., Rueckert, D., & Summers, R. M. (2021). A Review of Deep Learning in Medical Imaging: Imaging Traits, Technology Trends, Case Studies with Progress Highlights, and Future Promises. *Proceedings of the IEEE*, 109(5).
<https://doi.org/10.1109/JPROC.2021.3054390>

Buku berjudul **Penerapan Deep Learning untuk Deteksi Dini Multi-Kanker Berbasis Citra** membahas secara komprehensif bagaimana teknologi kecerdasan buatan diterapkan untuk mendeteksi berbagai jenis kanker melalui citra medis. Pembahasan dimulai dari dasar-dasar deep learning, arsitektur jaringan saraf seperti CNN (Convolutional Neural Network), hingga implementasi pada dataset citra medis nyata.

Selain itu, buku ini juga mengulas pendekatan multi-kanker detection, yaitu sistem yang mampu mengenali lebih dari satu jenis kanker dalam satu kerangka model. Topik evaluasi model, akurasi, loss function, hingga tantangan seperti data imbalance dan kebutuhan komputasi tinggi juga dibahas secara mendalam.

Dengan pendekatan yang sistematis dan aplikatif, buku ini ditujukan untuk masyarakat umum yang ingin memahami penerapan kecerdasan buatan dalam dunia medis, khususnya pada deteksi dini kanker berbasis citra.