

**INTEGRASI KECERDASAN ARTIFISIAL DALAM
PENCITRAAN MEDIS**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Teknik Biomedis
pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
9 November 2023**

**Oleh:
Prof. Ir. Hanung Adi Nugroho, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.,
SMIEEE.**

*Bismillahirrahmanirrohim,
Assalamu 'alaikum warohmatulloohi wabarokatuh*

Selamat siang, salam sejahtera dan salam sehat untuk kita semua.

Yang terhormat Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Dekan dan para Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Ketua dan Sekretaris serta anggota Senat Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat rekan-rekan sejawat, para dosen, mahasiswa, para tamu undangan, para sanak keluarga dan hadirin semuanya.

Alhamdulillah, kita panjatkan puji syukur ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan taufik dan semua nikmat yang telah dikaruniakan-Nya kepada kita termasuk nikmat sehat dan kesempatan sehingga kita dapat hadir secara daring maupun luring dalam acara pidato pengukuhan jabatan guru besar di Rapat Terbuka Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada. Selanjutnya, saya mengucapkan terima kasih kepada Rektor dan Ketua Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada, yang telah memberikan kesempatan untuk menyampaikan pidato pengukuhan sebagai bentuk tanggung jawab ilmiah atas amanah jabatan guru besar dalam ilmu Teknik Biomedis di Fakultas Teknik. Dalam kesempatan ini, izinkan saya menyampaikan pidato pengukuhan yang berjudul ***Integrasi Kecerdasan Artifisial dalam Pencitraan Medis***.

Pendahuluan

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Sebelum memulai, mari sejenak kita mengingat kembali masa lalu. Bagi kita yang saat ini berusia 40 tahun ke atas, mungkin masih ingat di era tahun 1980-an. Ketika telepon seluler (ponsel) belum dikenal secara luas dan ketika seseorang ingin berkomunikasi jarak jauh, maka dia akan menggunakan telepon umum atau harus pergi dan kadang mengantri di warung telepon (wartel). Namun, 10-15 tahun kemudian di akhir era tahun 1990-an atau awal tahun 2000-an, di Indonesia mulai bermunculan telepon genggam atau telepon seluler. Perkembangan yang sangat cepat bahkan kurang dari 10 tahun kemudian atau di pertengahan era tahun 2000-an mulailah muncul telepon pintar (*smartphone*). Dengan *smartphone*, kita tidak hanya bisa melakukan komunikasi lisan atau tertulis, namun juga bisa melakukan banyak aktivitas multimedia. Tidak berselang lama dan didukung sangat cepatnya teknologi berkembang, dengan hanya menggunakan *smartphone*, kita dapat melakukan sesuatu yang mungkin belum pernah terbayangkan sama sekali 20 atau 30 tahun yang lalu, seperti *e-commerce*, *e-learning* dan *e-health*. Kecerdasan artifisial memungkinkan hal tersebut menjadi kenyataan, dan kita yang berada di sini menjadi saksi dan pelaku perubahan besar tersebut.

Bagi sebagian besar dari kita, kecerdasan artifisial atau *artificial intelligence* (AI) sudah menjadi topik yang tak asing lagi dan diperbincangkan di berbagai *platform*, mulai dari media massa, dunia akademik, hingga percakapan sehari-hari. Dalam beberapa dekade terakhir, dunia teknologi telah mengalami metamorfosis yang mendalam. Kecerdasan artifisial yang dahulu hanya dianggap sebagai imajinasi ilmiah, kini telah menjadi inti dari revolusi teknologi global. Fenomena ini menandai bukan hanya kemajuan teknologi semata, namun juga refleksi dari urgensi kita untuk terus berinovasi. Kecerdasan artifisial, dalam aplikasinya, telah menembus berbagai bidang ilmu dan praktik. Salah satu sektor yang mengalami dampak luar biasa dari revolusi ini adalah dunia kesehatan, khususnya dalam bidang pencitraan medis. Pencitraan medis telah bertransformasi

melalui integrasi teknik AI, meningkatkan keakuratan dan efisiensi. Bayangkan kita berada di masa depan saat seorang tenaga medis di sebuah desa terpencil di suatu kepulauan terpencil di Indonesia mampu mendeteksi penyakit mata, tumor otak, demam berdarah atau malaria dengan bantuan sebuah perangkat kecil dan kemudian, dalam hitungan detik, mendapatkan rekomendasi hasil diagnosis dari suatu algoritma yang akurat. Hal ini terdengar seperti cerita fiksi ilmiah. Namun, apa yang disebutkan tersebut bukanlah sekedar khayalan.

Kita tahu bahwa Indonesia adalah negeri yang luas dengan keunikan dan keragaman geografis, demografis, budaya, dan sosial. Dalam konteks kesehatan, keragaman ini di satu sisi sering kali menjadi tantangan, namun di sisi lain juga memunculkan peluang. Dalam konteks ini, AI memiliki potensi untuk menjadi jembatan yang menghubungkan disparitas pelayanan kesehatan, terutama dalam mendeteksi dan mendiagnosis penyakit melalui pencitraan medis. Dengan memanfaatkan teknologi AI dalam pencitraan medis, kita dapat membawa perubahan signifikan dalam layanan kesehatan, meningkatkan efisiensi, keakuratan, dan menjangkau daerah-daerah yang selama ini sulit diakses.

Oleh karena itu, pada kesempatan yang singkat ini, saya ingin mengajak kita semua untuk bersama-sama memahami dan merenungkan potensi integrasi AI dalam pencitraan, pengolahan, dan analisis citra medis, serta bagaimana kita dapat memanfaatkannya untuk peningkatan kualitas hidup yang lebih baik bagi masyarakat dan kemajuan bangsa Indonesia.

Kecerdasan Artifisial dan Teknik Biomedis

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Awal mula konsep AI modern dapat dikenali pada pengembangan komputer digital yang dapat diprogram pada tahun 1940-an. Tonggak penting lainnya adalah Konferensi Dartmouth tahun 1956, yang secara resmi mendirikan bidang AI (Swartout, 1985). Pada tahun 1970-an dikembangkan sistem pakar berbasis aturan (*rule-based expert system*), seperti MYCIN, yang diciptakan

oleh Buchanan dan Shortliffe (Shortliffe, 1976). Sistem-sistem ini, yang ditujukan untuk meniru keahlian manusia, mengembangkan fondasi untuk AI dalam diagnosis medis dan pengambilan keputusan klinis. Kemudian, algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) memperkenalkan pendekatan baru dalam prediksi dan klasifikasi berbasis data. Dengan algoritma pohon keputusan (*decision tree*), mesin vektor pendukung (*support vector machine*), dan jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) yang muncul pada akhir tahun 1980-an hingga pertengahan 1990-an, AI semakin diperluas cakupannya dalam pelayanan kesehatan (*healthcare*) (Cortes et al., 1995; Quinlan, 1986; Rumelhart et al., 1986).

Masuk abad ke-21, paradigma berubah dengan munculnya *deep learning*, khususnya melalui jaringan saraf konvolusi (CNN). CNN, yang terinspirasi dari struktur otak manusia, telah memberikan kemajuan signifikan dalam citra medis, termasuk deteksi, segmentasi, dan klasifikasi. Hal ini dikarenakan kapasitas CNN untuk memahami representasi data secara hierarkis dari sejumlah besar data berlabel (Krizhevsky et al., 2017; Lecun et al., 2015).

Dalam kerangka AI, *machine learning* muncul sebagai teknologi yang memungkinkan mesin belajar dari data. *Deep learning* yang merupakan salah satu cabang *machine learning*, memperdalam kemampuan belajar dengan menggunakan jaringan saraf tiruan untuk menganalisis pola data yang kompleks. Kedua teknologi ini, yaitu *machine learning* dan *deep learning* membentuk fondasi bagi kecerdasan komputasional modern.

Kecerdasan artifisial (AI) dan teknik biomedis adalah dua bidang yang berkembang pesat dan memiliki potensi revolusioner dalam mentransformasi pelayanan kesehatan. Kecerdasan artifisial, yang mengacu pada simulasi kecerdasan manusia pada mesin, telah meresap ke dalam banyak aspek kehidupan kita, mulai dari transportasi dan komunikasi hingga manufaktur. Dalam konteks medis, AI kini mampu menganalisis citra medis yang dihasilkan oleh peralatan, seperti sinar-X, *computed tomography* (CT), *magnetic resonance imaging* (MRI), *ultrasonography* (USG), dan fundus

camera dengan kecepatan dan akurasi yang mengesankan bahkan seringkali mengidentifikasi pola yang mungkin luput dari pandangan manusia (Hosseinkhani, 2022). Selain itu, AI juga mendorong inovasi dalam bidang prostetik dan biomekanik.

Sementara itu, teknik biomedis fokus pada penerapan prinsip-prinsip teknik untuk mengatasi tantangan dalam bidang biologi dan kedokteran. Insinyur dalam bidang ini bertugas merancang dan mengembangkan berbagai solusi, mulai dari perangkat medis hingga organ buatan. Dengan kemajuan teknologi, teknik biomedis kini dapat memanfaatkan antarmuka otak-komputer, neuroprostetik, pencitraan medis dengan lebih efisien, terutama dengan integrasi teknik AI dan *machine learning* (Dzobo et al., 2020).

Integrasi antara AI dan teknik biomedis membuka jalan bagi inovasi yang bertanggung jawab dalam pelayanan kesehatan. Sinergi ini berpotensi memperbaiki pencegahan, diagnosis, hingga terapi penyakit. Sebagai contoh, dengan menggunakan AI, citra medis seperti radiografi, MRI, dan *CT scan* dapat dianalisis dengan cepat dan akurat. Misalnya, AI dapat membantu mendeteksi tumor atau kelainan lainnya yang mungkin sulit dilihat oleh mata manusia. Namun, ada tantangan yang harus dihadapi. Meski potensi penggunaan AI dalam teknik biomedis sangat besar, penerapannya dalam praktik klinis masih terbatas. Setiap algoritma yang diintegrasikan ke dalam sistem kesehatan harus melalui berbagai uji validasi ilmiah, kegunaan klinis, dan etika (Dzobo et al., 2020; Rama Chellappa & Niiler, 2022). Penting untuk diingat bahwa teknologi AI bukanlah pengganti untuk spesialis medis atau ilmuwan, tetapi sebagai alat bantu yang memperkaya kecerdasan manusia yang ahli di bidang tersebut (Rama Chellappa & Niiler, 2022). Salah satu pendekatan yang diusulkan untuk integrasi AI dalam pelayanan kesehatan adalah kerangka kerja rekayasa yang mempertimbangkan sistem secara keseluruhan, yang terdiri atas empat fase: Permulaan, Persiapan, Pengembangan, dan Integrasi. Dengan pendekatan sistematis dalam integrasinya, AI dan teknik biomedis dapat bersama-

sama membawa perubahan positif dalam dunia medis, menawarkan solusi inovatif untuk tantangan kesehatan global.

Dalam bidang kesehatan, kecerdasan artificial (AI) yang terintegrasi dalam teknik biomedis berperan krusial dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi diagnostik serta terapi. Pada bidang oftalmologi, misalnya, algoritma AI yang diterapkan dalam analisis citra memungkinkan deteksi dini dari retinopati diabetik atau glaukoma dengan sensitivitas dan spesifisitas yang meningkat, memaksimalkan potensi intervensi sebelum kerusakan *irreversible* terjadi. Dalam konteks radiologi, teknik pemrosesan citra berbasis AI dapat menilai dan mengidentifikasi patologi, seperti lesi, dengan resolusi yang lebih tinggi, memberikan radiolog gambaran yang lebih mendalam tentang kondisi pasien. Di bidang parasitologi, teknologi AI membantu dalam identifikasi cepat dan akurat dari patogen seperti Plasmodium dari sampel mikroskopis, mengoptimalkan lama waktu dari diagnosis hingga intervensi. Keseluruhan integrasi ini mewujudkan era baru dalam bidang kesehatan, di mana keputusan klinis didukung oleh analisis data yang lebih presisi dan berbasis bukti.

Kecerdasan Artificial dalam Oftalmologi

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Oftalmologi adalah cabang ilmu kedokteran yang mempelajari susunan anatomi, fisiologi, perawatan, dan bedah melalui jalur penglihatan (visual) mata, serta aspek-aspek penglihatan (visual) dari otak. Oftalmologi juga berkonsentrasi dalam diagnosis, penanganan dan pencegahan yang terjadi pada kerusakan, cedera maupun penyakit mata. Oftalmologi telah menerima banyak manfaat dari kecerdasan artificial, terutama dalam menangani penyakit mata seperti retinopati diabetik dan glaukoma.

Jutaan individu menghadapi risiko kebutaan akibat retinopati diabetik dan glaukoma. Retinopati diabetik adalah komplikasi diabetes yang menyerang retina dan dapat menyebabkan gangguan penglihatan hingga kebutaan (Sinclair & Schwartz, 2019). Pada 2021,

lebih dari 537 juta orang hidup dengan diabetes, diperkirakan meningkat menjadi 783 juta pada 2045 (IDF Diabetes Atlas 2022). Retinopati diabetik menyebabkan 0,01% kebutaan dan 0,04% gangguan penglihatan menurut IAPB (*Vision Atlas - The International Agency for the Prevention of Blindness*, n.d.). Sedangkan glaukoma merusak saraf optik tanpa gejala awal, dengan 79,6 juta penderitanya pada 2020, diperkirakan naik menjadi 111,8 juta pada 2040 sesuai laporan *World Glaucoma Association (Glaucoma Information Statistics - Glaucoma Information*, n.d.)).

Dalam mendeteksi dan mendiagnosis retinopati diabetik ataupun glaukoma, dokter oftalmologi menghadapi tantangan, seperti kebutuhan keahlian yang spesifik dan waktu yang relatif lama untuk mendiagnosis secara manual berdasarkan kompleksitas patologi citra fundus retina (Cen et al., 2021). Evaluasi jumlah besar citra retina dapat meningkatkan risiko kelelahan dan kesalahan diagnosis (AbdelMaksoud et al., 2020), terutama dengan keterbatasan sumber daya medis di area rural dan terpencil (Allison et al., 2021). Kesulitan ini diperparah oleh kurangnya kesadaran pasien akan penyakit mereka di tahap awal (Jin, 2022) dan kurangnya sistem skrining dini yang efisien (Mrad et al., 2022). Semua faktor ini menekankan perlunya teknologi otomatis lanjutan untuk deteksi dini yang efisien, akurat, dan adaptif terhadap variasi dan kualitas citra.

Dalam proses seleksi dan pengembangan teknologi, pemahaman mendalam terhadap karakteristik permasalahan sangatlah penting. Hal ini memastikan bahwa metode yang diterapkan relevan dan efektif untuk mengatasi masalah tersebut. Prinsip ini juga berlaku dalam pengembangan solusi teknologi untuk mendukung dokter oftalmologi dalam menangani kasus glaukoma dan retinopati diabetik.

Glaukoma adalah kondisi di mana terjadi kerusakan pada saraf optik, yang sering kali disebabkan oleh tekanan tinggi di dalam mata (Boyd, 2022). Salah satu cara untuk mengidentifikasi penyakit glaukoma adalah melalui analisis perhitungan rasio antara *optic cup* dan *optic disk* (Muthmainah et al., 2018). Pemeriksaan glaukoma sering kali menemui kesulitan karena gejalanya muncul ketika

kerusakan sudah parah. Penilaian manual pada *retinal nerve fiber layer* (RNFL) dari citra fundus warna dapat dilakukan untuk deteksi dini glaukoma, namun, hal ini memerlukan keahlian khusus dan memakan waktu. Teknik pengolahan citra modern telah memungkinkan pengembangan sistem komputerisasi untuk deteksi dini glaukoma dengan menganalisis RNFL untuk meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam diagnosis (Ilcham et al., 2021).

Selanjutnya, dalam pengembangan sistem cerdas untuk membantu dokter mata dalam memantau dan mendiagnosis penyakit retinopati diabetik, terdapat tiga tahapan utama, yang masing-masing memberikan pendekatan berbeda dalam mencapai tujuan tersebut. Tahap pertama fokus pada analisis patologi menggunakan pendekatan pengolahan citra dan *machine learning*. Dalam konteks ini, telah berhasil dikembangkan algoritma deteksi *microaneurysms* (MAs) (Nugroho et al., 2015), deteksi perdarahan retina (*retinal haemorrhage*) (Nugroho et al., 2017) dan deteksi eksudat (Nugroho, Oktoeberza, et al., 2015, 2016) serta peningkatannya (Ardiyanto et al., 2016) dengan teknik penghapusan *optic disc* untuk mengurangi hasil *false positive* dalam deteksi eksudat. Tahap kedua fokus pada analisis struktur retina dengan pendekatan berbasis algoritma pengolahan citra, seperti *filtering*, *thresholding*, dan *morphological image processing*. Pada tahapan kedua ini, beberapa struktur pada retina, seperti pembuluh darah retina (Nugroho, Lestari, et al., 2016; Amalia Aras et al., 2016), *optic disc* (Nugroho, Listyalina, et al., 2015), *optic cup* (Nugroho et al., 2017) dan *foveal avascular zone* (FAZ) (Nugroho et al., 2017, 2017; Nugroho, Purnamasari, et al., 2015) dapat diekstraksi dan disegmentasi dengan baik. Selanjutnya, pada tahap ketiga digunakan pendekatan berbasis *deep learning* dengan dikembangkan sistem yang bernama DeepDR-Net (Ardiyanto et al., 2017) dengan tujuan membuat sistem *embedded* berbiaya rendah untuk membantu dokter dalam menilai tingkat keparahan DR dari citra retina. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan mampu mendeteksi keberadaan dan menilai tingkat keparahan gejala retinopati diabetik dengan akurasi yang cukup

tinggi. Penelitian yang saat ini sedang dilakukan adalah pengembangan dari metode *deep learning* yaitu *explainable deep learning* dalam bidang oftalmologi. Hal ini dikarenakan tantangan utama *deep learning* adalah sifatnya yang sering kali dianggap sebagai "kotak hitam" atau *black box*, sehingga sulit untuk memahami bagaimana model membuat keputusan meskipun hasil akhir keputusannya memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Di sinilah pentingnya *explainable deep learning* yang bertujuan untuk membuat model *deep learning* menjadi lebih transparan, sehingga keputusan yang dihasilkan oleh model dapat dipahami dan dijelaskan dengan mudah kepada para ahli dan pengguna.

Implementasi yang dikembangkan dalam bidang oftalmologi adalah sebuah prototipe RADR (*Rapid Assessment Diabetic Retinopathy*) dan i-Retino yang telah terdaftar di HaKI. RADR adalah sistem yang dirancang untuk mendukung dokter dalam mendiagnosis dan memonitor retinopati diabetik dengan menggunakan citra fundus retina. Sistem ini mendeteksi berbagai objek penting dalam retina, seperti pembuluh darah, *optic disc*, dan lainnya, untuk kemudian menganalisisnya guna menegakkan diagnosis. Tujuan dari RADR adalah membantu dokter, khususnya di daerah rural dan terpencil, dalam skrining, deteksi dini, dan pemantauan retinopati diabetik. Sedangkan i-Retino adalah aplikasi *web* berbasis kecerdasan artifisial yang menganalisis citra fundus mata untuk menilai keparahan retinopati diabetik dan memberikan rekomendasi perawatan. Aplikasi ini dikembangkan khusus untuk penelitian.

Kecerdasan Artifisial dalam Radiologi

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Penggunaan kecerdasan artifisial dalam radiologi telah membawa perubahan revolusioner melalui penggunaan teknik seperti *machine learning* untuk mengenali pola pada citra medis. Penggunaan AI dalam radiologi telah meningkatkan akurasi dan efisiensi analisis dan pemindaian data pasien secara signifikan. AI juga terbukti meningkatkan produktivitas dan kualitas layanan kesehatan. Sistem

radiologi banyak digunakan terutama untuk pendeteksian dini suatu penyakit, diantaranya adalah analisis citra radiologi untuk membantu diagnosis penyakit kelenjar tiroid dan kanker payudara.

Kelenjar tiroid adalah kelenjar kecil berbentuk kupu-kupu yang terletak di bagian depan leher dan menghasilkan hormon yang mengatur metabolisme tubuh (MedlinePlus, 2023). Penyakit kelenjar tiroid adalah kondisi medis yang disebabkan oleh gangguan pada kelenjar tiroid yang memengaruhi fungsi kelenjar tiroid dalam memproduksi hormon (MedlinePlus, 2023). Pada tahun 2020, GLOBOCAN melaporkan data statistik kanker global dan menunjukkan bahwa kanker tiroid menempati peringkat ke-11 dengan total kasus baru sebanyak 586.202 (3% dari semua jenis kanker) dengan 43.646 pasien (0,4% dari semua kanker) meninggal (Sung et al., 2021). Dalam proses klinis, pemeriksaan kanker tiroid dilakukan melalui tiga tahapan utama (Wang et al., 2020): skrining, radiologi dan histopatologi. Dari ketiga tahapan tersebut, proses radiologi dianggap paling krusial. Dalam tahap ini, tenaga medis harus menganalisis kondisi kelenjar tiroid secara manual dengan modalitas radiologi seperti *mammogram* atau ultrasonografi dan mendeskripsikan karakteristik tiroid untuk menentukan diagnosis dan pengobatan selanjutnya. Namun, proses ini memerlukan ketelitian dan akurasi yang tinggi, dan hasilnya sangat bergantung pada keahlian dan pengalaman tenaga medis. Oleh karena itu, solusi alternatif yang dapat dijadikan sebagai pendapat kedua dalam proses radiologi sangat dibutuhkan untuk mengurangi ketergantungan pada keahlian individu dan mengurangi subjektivitas hasil (Wang et al., 2020).

Di sisi lain, kanker payudara adalah kanker yang terbentuk di jaringan payudara, di mana sel-sel pada jaringan di payudara tumbuh secara tidak terkendali dan mengambil alih jaringan payudara yang sehat dan sekitarnya (Kanker Payudara - Gejala, Penyebab Dan Mengobati - Alodokter, n.d.). Kanker payudara merupakan salah satu kanker paling mematikan yang mengancam kesehatan wanita, menjadi penyebab utama kematian akibat kanker di seluruh dunia karena tingginya tingkat keganasan (Siegel et al., 2020). Kanker

payudara adalah jenis kanker yang paling umum terjadi pada wanita di Indonesia, mencakup 30,8% dari seluruh kasus kanker wanita pada tahun 2020 dan menyebabkan 65.858 kasus baru. Insiden kanker payudara wanita di Indonesia diperkirakan sebesar 40,3 per 100.000 dan angka kematian sebesar 16,6 per 100.000 (Ng et al., 2023). Salah satu kunci utama dalam mengurangi angka kematian adalah deteksi dini untuk mengidentifikasi tanda dan gejala kanker payudara pada tahap awal. Ultrasonografi dianggap sebagai salah satu metode paling efektif untuk visualisasi organ dan struktur jaringan lunak dalam tubuh, dengan keunggulan seperti non-invasif, tanpa radiasi ionisasi, sensitivitas tinggi, portabilitas, *real-time*, biaya efektif, dan mudah digunakan. Namun, analisis citra ultrasonografi untuk segmentasi dan klasifikasi kanker payudara menjadi tantangan karena kualitas citra yang rendah, terpengaruh oleh derau *speckle*, kontras rendah, homogenitas intensitas dan resolusi spasial rendah, yang bisa mengarah pada misinterpretasi dan diagnosis yang salah. Oleh karena itu, sangat penting untuk mendapatkan citra yang berkualitas sebagai pintu awal dalam melakukan diagnosis. Dengan kualitas citra yang baik dan didukung metode pengolahan serta analisis citra yang tepat diharapkan dapat diperoleh hasil akhir yang lebih akurat.

Beberapa strategi telah dilakukan dalam upaya meningkatkan keakuratan diagnosis kanker tiroid melalui analisis citra nodul tiroid *ultrasound*. Nodul tiroid merupakan pertumbuhan sel tidak wajar pada kelenjar tiroid. Meskipun sering ditemui, sebagian besar nodul ini bersifat jinak dan tidak menimbulkan gejala. Namun, dalam kasus tertentu, nodul ini dapat bersifat ganas. Radiolog mendiagnosis kanker tiroid menggunakan metode *thyroid imaging reporting and data system* (TIRADS) (Smith et al., 2017). TIRADS adalah metode penilaian untuk stratifikasi risiko nodul tiroid dan biasanya dengan menggunakan skor. Sistem *computer aided diagnosis* (CAD) kanker tiroid dikembangkan dengan dua pendekatan. Pendekatan pertama, CAD kanker tiroid dikembangkan secara modular menggunakan metode pengolahan citra dan *machine learning*. Dengan pendekatan ini, modul yang dikembangkan sesuai dengan kriteria TIRADS

mengikuti prosedur diagnosis yang diterapkan radiolog. Modul yang dikembangkan terdiri atas dua bagian yaitu berdasarkan karakteristik eksternal dan berdasarkan karakteristik internal. Untuk modul karakteristik eksternal, pengembangan dilakukan untuk analisis tepi dan orientasi. Metode yang digunakan berbasis pada pengolahan citra, seperti filter adaptif pada tahap pra-pemrosesan, operasi morfologi dan kontur aktif pada tahap segmentasi nodul serta *machine learning* menggunakan *support vector machine* (SVM) (Nugroho, Frannita, et al., 2017) dan *multi layer perceptron* (MLP) (Frannita et al., 2018b) untuk analisis karakteristik tepi. Sedangkan untuk modul karakteristik internal, digunakan fitur bentuk, ekogenitas dan konten internal. Berdasarkan TIRADS, nodul tiroid diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu kelas bulat, oval dan tidak beraturan. Skema klasifikasi bentuk nodul yang dikembangkan berdasarkan pada analisis fitur tekstur dari histogram dan laws' texture energy (Zulfanahri et al., 2017) dan klasifikasi ekogenitas dikembangkan menggunakan fitur lacunarity (Frannita et al., 2018b). Penggabungan hasil klasifikasi dari modul-modul yang mencerminkan karakteristik internal dan eksternal ini kemudian dibentuk menjadi suatu sistem CAD kanker tiroid (Nugroho et al., 2021). Pendekatan kedua dalam pengembangan CAD kanker tiroid menggunakan teknik *deep learning* (Nugroho et al., 2020) dan *transfer learning* (Nugroho & Frannita, 2021) dengan fokus pada karakteristik tepi nodul tiroid. Kedua model ini berhasil menunjukkan akurasi yang baik di atas 90%.

Di sisi lain, pencitraan ultrasonografi payudara adalah alat yang sangat penting untuk mendeteksi dan mendiagnosis lesi dan kanker payudara. Senada dengan TIRADS pada tiroid, maka untuk mengevaluasi kanker payudara, radiolog biasa menggunakan BI-RADS (Radswiki et al., 2011). Strategi pengembangan sistem CAD untuk kanker payudara dari hasil analisis citra ultrasonografi menggunakan dua pendekatan. Pendekatan pertama, CAD kanker payudara dikembangkan secara modular menggunakan metode pengolahan citra dan *machine learning*. Secara umum, tahapan proses ada empat, yaitu peningkatan atau perbaikan kualitas citra, deteksi,

segmentasi, ekstraksi fitur dan klasifikasi. Tujuan akhir dari sistem ini adalah peningkatan hasil klasifikasi untuk mendukung pengambilan diagnosis oleh radiolog. Pendekatan yang digunakan berbasis teknik pengolahan citra dan *machine learning*. Tahapan awal penelitian difokuskan perbaikan kualitas citra dengan pengurangan derau (*despeckling*) yang efektif pada citra USG payudara dengan mengenali karakter dari *speckle noise* yang biasa timbul dari citra ultrasonografi (Khusna et al., 2015). Berbagai filter seperti Wiener, *difusi anisotropic*, dan banyak lagi telah diterapkan dalam mengurangi derau *speckle* pada citra USG payudara (Nugroho, Triyani, et al., 2016). Setelah citra dapat ditingkatkan kualitasnya, tahap berikutnya adalah pengembangan modul deteksi lesi secara otomatis (Sahar et al., 2016). Adanya modul deteksi secara otomatis diharapkan dapat mengurangi intervensi dari pengguna. Selanjutnya, metode segmentasi seperti *region growing* diimplementasikan untuk mendapatkan area yang merupakan objek kanker. Objek hasil segmentasi ini kemudian dijadikan sebagai rujukan untuk mengekstraksi informasi dari area tersegmentasi. Fitur-fitur hasil ekstraksi ini kemudian untuk dimasukkan ke dalam modul klasifikasi. Ada beberapa fitur yang dapat digunakan untuk mengenali dan mengklasifikasi bentuk, orientasi, tepi, pola *echo* dan posterior nodul payudara. Fitur berbasis histogram digunakan untuk pengenalan pola akustik dan posterior nodul payudara (Tianur et al., 2016). Selain itu, fitur bentuk dapat diekstraksi sebagai masukan untuk modul klasifikasi lesi payudara berdasarkan keteraturan tepi (Khusna et al., 2016). Selain fitur bentuk, fitur tekstur juga diekstraksi sebagai masukan bagi algoritma *machine learning* dalam melakukan klasifikasi menggunakan *multi-layer perceptron* (MLP) (Nugroho, Rahmawaty, et al., 2016; Nugroho, Triyani, et al., 2016). Teknik segmentasi dan klasifikasi dieksplorasi lebih dalam untuk menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks, seperti dengan menggabungkan algoritma normalisasi citra dengan *fuzzy c-means* dan *neutrosophic clustering* (Nugroho, Rahmawaty, et al., 2017) untuk mengklasifikasi nodul payudara menggunakan fitur tepi dan

fitur akustik posterior berbasis SVM dan MLP (Nugroho, Triyani, et al., 2017a) serta penggunaan metode *neutrosophic set* dan *watershed* untuk segmentasi dan mengekstraksi fitur untuk karakterisasi tepi (Nugroho, Triyani, et al., 2017b). Selain itu, dikembangkan juga analisis karakteristik bentuk berbasis MLP untuk mengklasifikasi nodul payudara (Nugroho H et al., 2019). Secara umum, metode yang diusulkan mampu mendapatkan hasil yang sangat baik dengan akurasi di atas 95%. Pendekatan kedua dikembangkan dengan teknik *deep learning* menggunakan arsitektur VGG-16 untuk segmentasi nodul pada citra USG payudara (Hardani et al., 2022). Penggabungan beberapa filter dan model *visual attention* membuat kualitas citra USG semakin meningkat sehingga diperoleh hasil segmentasi yang lebih baik dan akurat.

Peta perjalanan penelitian dalam bidang radiologi sebagai bentuk integrasi kecerdasan artifisial dalam bidang radiologi ini mampu menghasilkan suatu sistem CADx untuk kanker payudara yang dinamakan iBRIDs dan sistem CADx untuk kanker tiroid yang dinamakan CATHy. iBRIDs dirancang untuk mendukung dokter dalam menganalisis potensi kanker payudara berdasarkan citra USG payudara. Sementara, CATHy adalah sebuah sistem inovatif yang bertujuan khusus untuk mendeteksi kanker tiroid. Sistem ini membantu dokter dalam proses identifikasi dan analisis nodul tiroid, memungkinkan diagnosis yang lebih cepat dan akurat. Kedua sistem ini menunjukkan bagaimana teknologi digital dan kecerdasan artifisial dapat diintegrasikan ke dalam praktik medis untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnosis, sehingga mampu meningkatkan kualitas perawatan dan pelayanan kesehatan terhadap pasien.

Kecerdasan Artifisial dalam Parasitologi

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Salah satu permasalahan kesehatan yang paling parah di dunia terkait parasitologi adalah malaria. Malaria adalah suatu penyakit yang mengancam jiwa yang disebabkan oleh parasit yang ditularkan ke manusia melalui gigitan nyamuk *Anopheles betina* yang terinfeksi

(*World Health Organisation, 2023*). Setiap tahun, laporan dari WHO memberikan penilaian yang komprehensif dan terkini mengenai tren pengendalian dan eliminasi malaria di seluruh dunia. Laporan tahun 2022 didasarkan pada informasi yang diterima dari 84 negara endemis malaria di semua wilayah WHO (*World Malaria Report 2022, 2022*). Secara global, diperkirakan terdapat 247 juta kasus malaria pada tahun 2021 di 84 negara endemis malaria, meningkat dari 245 juta pada tahun 2020, dengan sebagian besar peningkatan ini berasal dari negara-negara di wilayah Afrika. Sedangkan wilayah Asia Tenggara memiliki sembilan negara endemis pada tahun 2021 dengan 5,4 juta kasus dan menyumbang 2% dari beban kasus malaria secara global. Pada tahun 2018-2020, kejadian malaria di Indonesia adalah 147.730 kasus (*Badan Pusat Statistik, n.d.*). Menurut informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2022, ada lima kabupaten dan atau kota dengan kasus positif malaria terbanyak yaitu Mimika, Jayapura, Kota Jayapura, Keerom, Yakuimo dengan sebanyak 399.666 kasus dan 2.760.187 suspek (*Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, n.d.*).

Diagnosis dini dan akurat adalah kunci untuk pengobatan yang efektif dan pencegahan penyebaran penyakit ini (Kumar et al., 2020; Mbanefo & Kumar, 2020). Metode standar untuk mendiagnosis malaria adalah melalui pemeriksaan mikroskopik dari film darah tipis dan tebal. Namun, di daerah pedesaan, terutama di beberapa daerah di Indonesia timur, terdapat kekurangan ahli parasitologi yang terlatih. Metode diagnosis manual yang ada saat ini memerlukan waktu lama, keahlian khusus dan hasilnya seringkali subjektif (Berzosa et al., 2018).

Kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan telah membawa kita ke era baru deteksi malaria. Dalam beberapa tahun terakhir, telah ada berbagai penelitian yang menggabungkan teknologi pemrosesan citra dan kecerdasan artifisial untuk mendeteksi dan mengidentifikasi parasit dengan presisi yang lebih tinggi (Fatima & Farid, 2020; Fuhad et al., 2020; Poostchi et al., 2018). Teknologi digital saat ini memungkinkan analisis citra mikroskopis dengan lebih cepat dan

akurat. Namun, masih ada tantangan seperti derau *luminance* pada citra yang dapat menghalangi proses deteksi, sehingga pengurangan derau menjadi penting. Oleh karena itu, solusi berbasis teknologi, seperti penggunaan pendekatan berbasis kecerdasan artifisial dan jaringan saraf konvolusional, menjadi potensial untuk otomatisasi proses deteksi dan meningkatkan akurasi diagnosis (Nugroho et al., 2019).

Pemrosesan citra digital dan teknologi berbasis *machine learning* telah menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnostik. Dalam konteks medis, deteksi, segmentasi, dan klasifikasi parasit malaria memegang peran penting, memungkinkan identifikasi dan deteksi dini patogen, serta memonitor perkembangan penyakit. Deteksi memiliki beberapa peran penting dalam bidang medis. Pertama, memungkinkan identifikasi dan deteksi dini dari patogen atau kondisi medis tertentu, yang sangat penting untuk intervensi dan pengobatan tepat waktu. Kedua, berperan dalam pengawasan, memungkinkan tenaga medis untuk memonitor perubahan kondisi pasien atau perkembangan penyakit. Terakhir, ia juga berfungsi sebagai validasi, di mana keberadaan patogen atau kondisi tertentu dalam sampel dapat dikonfirmasi. Dengan demikian, deteksi menjadi salah satu instrumen kunci dalam diagnosis dan pengobatan medis.

Selain memegang peran penting dalam penegakan diagnosis, deteksi juga memiliki manfaat utama dalam intervensi dini sehingga pengobatan dapat dilakukan seawal mungkin dengan harapan dapat meningkatkan peluang kesembuhan pasien. Dalam konteks penyakit menular, seperti malaria, deteksi dini juga dapat menjadi instrumen vital untuk mencegah penyebaran penyakit tersebut ke individu lain di samping manfaat lainnya berupa efisiensi. Dengan deteksi yang akurat, kita dapat meminimalkan penggunaan sumber daya medis, menghindari prosedur yang tidak perlu dan mengalokasikannya pada intervensi yang benar-benar diperlukan. Oleh karena itu, deteksi merupakan salah satu pilar dalam praktik medis yang efektif dan efisien.

Beberapa metode pemrosesan citra dan konfirmasi keberadaan parasit melalui analisis mikroskopis telah ditinjau dan diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi klasifikasi citra parasit (Widiawati et al., 2016). Penggabungan teknik pengolahan citra dan *machine learning* dapat menjadi suatu metode untuk mendeteksi otomatis Plasmodium (Saputra et al., 2017). Strategi dalam pemilihan atau penggabungan metode sangat diperlukan untuk mencapai kinerja optimal, karena tidak ada satu metode yang sempurna dalam semua kondisi.

Inovasi lain telah ditunjukkan melalui pengembangan metode otomatis untuk menentukan *region of interest* (RoI) pada citra apusan darah tipis (Nugroho et al., 2017). Metode ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan analisis dengan menyoroti area yang mungkin mengandung parasit. Kemajuan serupa juga terlihat dalam mendeteksi spesies spesifik Plasmodium dengan cara menggabungkan fitur-fitur khusus dengan pendekatan *machine learning* (Adi Nugroho et al., 2020).

Selanjutnya, pendekatan berbasis jaringan saraf konvolusional atau *convolutional neural network* (CNN) telah menunjukkan potensi besar. Model CNN, yang dilatih dengan dataset citra yang luas menawarkan akurasi deteksi yang signifikan, melebihi metode deteksi tradisional (Nugroho, Abraham, et al., 2019). Selain itu, dataset "PlasmoID" juga telah dibangun dan diperkenalkan mendorong pengembangan lebih lanjut dengan metode *hybrid* yang menggabungkan pengolahan citra dan teknik *deep learning* (Nugroho et al., 2022).

Pendekatan *hybrid* yang menggabungkan pengolahan citra, optimalisasi *double* Otsu, dan teknik *deep learning* untuk deteksi dan segmentasi otomatis parasit malaria menggunakan dataset PlasmoID dari Indonesia. Dengan memanfaatkan arsitektur *deep learning* seperti UNet dan DeepLabV3+, skema yang diusulkan mencapai skor F1 sebesar 97,7% untuk deteksi parasit, menunjukkan potensi untuk diimplementasikan dalam sistem deteksi malaria, terutama di daerah dengan sumber daya kesehatan terbatas (Nugroho & Nurfauzi, 2023).

Tentu saja, ada tantangan di jalan, seperti efek derau dan *luminance* dalam citra apusan darah tipis. Namun, dengan inovasi seperti transformasi wavelet, akurasi deteksi dapat ditingkatkan (Nugroho, Nurfauzi, et al., 2019).

Selanjutnya, segmentasi parasit malaria pada citra mikroskopis bertujuan untuk memisahkan parasit dari objek lain, seperti dari sel darah merah dan komponen citra lainnya. Dengan melakukan segmentasi, kita dapat memperoleh citra parasit yang lebih jelas dan detail, yang siap untuk dianalisis lebih lanjut. Dalam konteks medis, manfaat dari segmentasi ini sangat signifikan. Pertama, segmentasi meningkatkan akurasi dalam analisis citra, memastikan identifikasi parasit yang lebih tepat. Kedua, dengan citra yang sudah disegmentasi, interpretasi oleh profesional medis menjadi lebih mudah dan intuitif. Selain itu, dengan fokus hanya pada area yang relevan, proses analisis citra menjadi lebih cepat dan efisien. Dengan demikian, segmentasi memainkan peran penting dalam meningkatkan efektivitas diagnostik penyakit malaria melalui citra mikroskopis.

Berbagai metode segmentasi citra telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi diagnosis malaria. Penelitian yang mengusulkan penggabungan metode saluran warna dan metode Otsu *thresholding* untuk meningkatkan visibilitas *Plasmodium vivax*, hasilnya menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan (Maysanjaya et al., 2016). Pendekatan berbasis *multi thresholding* menunjukkan akurasi segmentasi parasit yang lebih baik dibandingkan dengan metode tradisional (Nugroho, Marsiano, et al., 2019). Selain itu, kombinasi Otsu *thresholding* dengan saluran saturasi dari ruang warna HSV mencapai akurasi 97,99% (Nugroho, Tantowi, et al., 2019). Sebuah penelitian komprehensif mengusulkan pendekatan segmentasi berlapis yang mencapai akurasi 99,83% (Nugroho et al., 2021). Inovasi dalam teknik segmentasi citra memperlihatkan potensi besar dalam mendukung diagnosis malaria yang lebih akurat, membuka jalan untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem diagnostik berbantuan komputer.

Proses setelah segmentasi adalah klasifikasi. Klasifikasi parasit malaria dilakukan dengan mengelompokkan berdasarkan jenisnya atau tahapan perkembangannya. Dua tujuan utama dari klasifikasi ini adalah untuk mengidentifikasi jenis parasit yang menyebabkan infeksi, seperti *Plasmodium falciparum* atau *Plasmodium vivax*, serta untuk menentukan tahapan perkembangan parasit, apakah itu trofozoit atau gametosit. Dari perspektif medis, klasifikasi ini menawarkan sejumlah manfaat kritis. Pertama, dengan mengetahui jenis parasit yang terinfeksi, profesional medis dapat membuat keputusan yang lebih tepat mengenai pilihan pengobatan. Selain itu, klasifikasi membantu dalam penelitian medis, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang siklus hidup parasit dan potensi resistensi terhadap obat tertentu. Akhirnya, dengan mengetahui jenis dan tahapan perkembangan parasit, dokter dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang prognosis penyakit, memungkinkan pendekatan terapeutik yang lebih disesuaikan. Dengan demikian, klasifikasi parasit malaria memegang peran sentral dalam mendukung upaya diagnostik dan terapeutik dalam bidang medis.

Sistem otomatis telah dikembangkan dengan mengintegrasikan teknik pemrosesan citra dan *machine learning*, menunjukkan akurasi klasifikasi yang tinggi (Nugroho et al., 2018) dan efisiensi serta kecepatan yang meningkat dalam identifikasi spesies *Plasmodium* (Nugroho, Wibawa, et al., 2019). Selain itu, tahapan parasit *Plasmodium vivax* berbasis citra digital dapat diidentifikasi dengan baik menggunakan fitur bentuk dan tekstur serta *Naïve Bayes classifier* untuk klasifikasi (Nugroho, Dendi Maysanjaya, et al., 2019). Kesimpulannya, teknik pemrosesan citra dan *machine learning* telah memberikan kemajuan signifikan dalam mendukung penegakan diagnosis penyakit malaria yang lebih akurat dan cepat.

Implementasi AI pada bidang parasitologi ini telah dikembangkan sampai tahap aplikasi yang diberi nama i-PlasmoID. i-PlasmoID adalah aplikasi *web* bertenaga AI yang dibuat khusus untuk menganalisis citra digital dari apusan darah tipis yang ditangkap

menggunakan mikroskop. Tujuan utama dari aplikasi ini adalah untuk memberikan informasi yang akurat tentang jumlah parasit yang ada pada citra dan mengelompokkan parasit ini dari sel di sekitarnya. Ini dirancang terutama untuk tujuan penelitian dan dimaksudkan untuk merampingkan proses analisis citra ini, membuatnya lebih cepat dan lebih efisien daripada metode manual tradisional.

Tantangan dan Peluang Ke Depan

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

AI merupakan bidang ilmu yang berkembang pesat, menjanjikan sejumlah peluang signifikan sembari membawa berbagai tantangan. Di satu sisi, AI menawarkan otomatisasi yang ditingkatkan, di mana mesin yang didukung AI dapat belajar dan menyesuaikan diri untuk menjadi lebih efisien dan produktif dibandingkan mesin tradisional. Sebagai contoh, robot dengan kemampuan AI dapat menangani tugas-tugas kompleks dalam manufaktur, logistik, dan kontrol kualitas. Selain itu, AI memungkinkan layanan yang dipersonalisasi, seperti pengobatan personal dan rekomendasi produk serta layanan yang sesuai dengan kebutuhan individu. Kemajuan signifikan dalam pelayanan kesehatan juga dapat dicapai dengan bantuan AI, seperti analisis citra medis dan prediksi prognosis pasien. Efisiensi yang diperoleh dari AI membantu meningkatkan kontrol kualitas dan optimalisasi desain, sementara otomatisasi yang ditawarkan AI berdampak positif pada berbagai industri, meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

Namun, bersamaan dengan peluang tersebut, berbagai tantangan pun muncul. Pertama, pertimbangan etika dalam pengambilan keputusan oleh sistem AI yang otonom menjadi isu krusial. Kedua, risiko keamanan, terutama serangan siber, menjadi ancaman yang harus diwaspadai. Ketiga, karena ketergantungan pada data dalam jumlah besar, isu privasi data menjadi semakin relevan. Selain itu, transparansi dan kepercayaan terhadap sistem AI menjadi titik perhatian, terutama ketika sulit memahami bagaimana keputusan diambil oleh mesin.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan upaya bersama dari berbagai pihak, termasuk pembuat kebijakan, pemimpin industri, dan masyarakat secara keseluruhan. Regulasi yang kuat, praktik AI yang bertanggung jawab, dan investasi dalam pendidikan serta pelatihan menjadi kunci dalam memaksimalkan potensi AI sambil meminimalkan dampak negatifnya.

Dari sisi pengembangan teknologi peralatan pencitraan medis, tantangan utama dalam dunia pencitraan medis saat ini adalah jika ingin mendapatkan kualitas citra medis yang baik, maka diperlukan peralatan yang cenderung menghasilkan radiasi. Radiasi ini kadang berdampak ke pasien dalam waktu yang lama. Selain itu, prosedur pengobatan yang bersifat invasif dapat mengakibatkan efek samping negatif ke pasien. Perangkat yang digunakan sering kali sangat spesialis dan memerlukan operator yang sangat terlatih untuk mengoperasikannya. Biaya awal dan pemeliharaan dari sistem pencitraan ini juga sangat mahal. Lebih jauh lagi, sistem-sistem ini sebagian besar hanya fokus pada akuisisi citra dengan sedikit atau tanpa analisis untuk tujuan diagnostik, yang membuat interpretasi citra bersifat subyektif.

Tantangan ini mendorong kebutuhan untuk mengembangkan sistem pencitraan medis yang cerdas, yang bukan hanya aman bagi pasien tetapi juga objektif dalam analisisnya. Pendekatan yang diusulkan adalah transisi dari pencitraan medis tradisional ke analisis citra medis yang melibatkan ekstraksi fitur, klasifikasi, pengenalan pola, dan pengukuran menggunakan kecerdasan artifisial. Dengan mengintegrasikan semua aspek ini, kita dapat menciptakan sistem pencitraan yang cerdas yang mampu memberikan dukungan keputusan yang lebih baik bagi para profesional medis. Seiring dengan inovasi dalam dunia AI yang semakin cepat, saat ini kami sedang mengembangkan solusi alternatif untuk menyelesaikan tantangan terkait transparansi dan kepercayaan terhadap AI yaitu dengan mengintegrasikan teknologi *eXplainable Artificial Intelligence* (XAI) yang memiliki kemampuan tidak hanya dapat mendeteksi dan mendiagnosis, tetapi juga memastikan bahwa proses

dan keputusan dari model-model AI ini bersifat transparan dan dapat dipahami oleh manusia.

Ringkasan

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Dari penjelasan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa teknologi kecerdasan artifisial menawarkan solusi yang sangat menjanjikan karena memiliki kemampuan belajar dan mempelajari data dalam jumlah dan ukuran yang sangat besar (*big data*), kemudian menerapkan hasil pembelajarannya untuk menyelesaikan kasus nyata. Keputusan yang diambil dari suatu sistem yang terintegrasi kecerdasan artifisial selain mengutamakan performa yang tinggi ditandai dengan akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi juga memerlukan interpretasi yang dapat dipahami oleh pengguna. Namun, secanggih apa pun teknologi yang digunakan terutama dalam rangka menegakkan suatu keputusan atau mengambil kesimpulan, itu semua tetaplah sebuah alat bantu. Intuisi, rasa dan pengalaman yang dimiliki oleh manusia belum atau bahkan tidak bisa tergantikan. Tanpa menggunakan teknologi AI, seorang dokter ahli tetap dapat memeriksa dan menegakkan diagnosis suatu penyakit yang diderita seorang pasien dengan akurat. Namun dengan bantuan teknologi AI, seorang dokter ahli dapat melakukan ini dengan lebih cepat, akurat dan efisien.

Ucapan Terima Kasih

Bapak Ibu hadirin yang saya muliakan

Sebelum menutup pidato pengukuhan ini, izinkan saya untuk mengungkapkan rasa syukur tak terhingga ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala, *alhamdulillahilladzi bini'matihi tatimmush shoolihaat*, karena semua yang ada pada diri kita dan yang kita alami ini adalah kenikmatan dan karunia-Nya. Hanya dengan taufik, rahmat, pertolongan dan izin-Nya, semua capaian ini dapat terwujud dengan sempurna.

Selanjutnya, saya mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, yang telah memberikan kepercayaan jabatan guru besar dalam bidang Teknik Biomedis di Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Rektor, Senat Akademik, Majelis Guru Besar, Dekan dan Senat Fakultas Teknik, serta Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada, yang telah menyetujui pengangkatan saya dalam jabatan guru besar.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada semua guru saya di TK Kapas Yogyakarta, SDN Ungaran 1 Yogyakarta, SMPN 5 Yogyakarta, SMAN 1 Yogyakarta. Kepada Bapak Dekan, para Wakil Dekan dan para Ketua Departemen di Fakultas Teknik, teman-teman dosen dan karyawan beserta keluarga besar Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, saya mengucapkan banyak terima kasih atas semua dukungan dan doa selama ini. Secara khusus, saya mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Budi Hartono, S.T., MPM, Ph.D., ASEAN Eng. dan Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan masukan untuk naskah pidato ini. Terima kasih juga kepada mbak Ratna Endah, mbak Sekar Tristi Apriza, dan teman-teman SDM Departemen, Fakultas dan Universitas yang selalu mengawal dengan baik sehingga proses kenaikan pangkat dan jabatan dapat berjalan dengan lancar.

Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan dari SDN Ungaran 1 90, SMPN 5 93, KATY 96, dan Teknik Elektro UGM 96, serta UQers dan YuTiPian yang senantiasa saling mengingatkan dan mendukung baik dalam suasana senang dan duka ketika menuntut ilmu di negeri perantauan. Terima kasih kepada teman-teman jama'ah haji Multazam 98, Criipp, dan KIPMI untuk persahabatan, dukungan dan doanya. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang senantiasa mendukung dan terlibat dalam mewujudkan implementasi dari peta jalan penelitian sehingga bisa sampai pada tahap pencapaian ini. Secara khusus, saya sampaikan terima kasih kepada Prof. dr. Muhammad Bayu Sasongko, Sp.M(K), M.Epi., Ph.D. dan dr. Supanji,

Sp.M(K), M.Kes., Ph.D. sebagai partner penelitian di bidang oftalmologi, Dr. dr. Lina Choridah, Sp.Rad(K) sebagai partner penelitian di bidang radiologi, dan Prof. dr. E. Elsa Herdiana Murhandarwati, M.Kes, Ph.D. sebagai partner penelitian di bidang parasitologi. Terima kasih saya sampaikan juga kepada Prof. Johan Debayle sebagai partner kolaborasi internasional yang telah menginspirasi untuk berani melangkah dan mencoba hal-hal baru.

Selanjutnya, terima kasih kepada adik-adik dan teman-teman alumni dan mahasiswa bimbingan program sarjana, magister dan doktor yang telah membuktikan semangat dan kerja keras dalam penelitian sehingga bisa menghasilkan publikasi dan produk penelitian yang kualitas. Secara khusus, saya mengucapkan terima kasih kepada teman-teman asisten riset, mbak Widhia KZ Oktoeberza, mbak Ratna Lestari Budiani Buana, mbak Zulfanahri, mbak Eka Legya Frannita, mas Rizki Nurfauzi, mbak Augustine Herini Tita Hutami, mbak Dian Nova Kusuma Hardani, dan mas Aqil Aqthobirrobbany.

Terakhir, namun tidak kalah penting, penghargaan dan ucapan terima kasih yang mendalam kepada seluruh keluarga dan sahabat yang telah memberikan doa, dukungan, dan kasih sayangnya. Secara khusus, kepada keluarga besar Trah Sir Martawihardja dan Trah Pawirosentono, terima kasih atas semua semangat dan doa yang selalu mengalir bagaikan sungai kehidupan yang tak pernah kering. Ayahanda, Prof. Dr. Mulyadi, apt. *rahimahullooh*, meskipun saat ini Ayah tak dapat menyaksikan langsung momen ini, ananda yakin bahwa capaian saat ini adalah karena bagian dari doa yang senantiasa Ayahanda panjatkan di waktu tahajjud ketika ayahanda masih hidup. Keteladanan dan kebaikan yang ayahanda ajarkan menjadi salah satu sumber kekuatan untuk terus berjuang. Semoga ini menjadi bagian dari amal kebaikan yang terus mengalir untuk ayahanda. Ibunda, Dr. apt. Sri Mulyani, S.U., kasih sayang, doa dan restu Ibu selalu menjadi pendamping setia dalam setiap langkah menjalani kehidupan ini. Setelah taufik dari Allah, doa dan restu dari Ibu menjadi penyebab terbesar pencapaian ini. Semoga Allah senantiasa merahmati dan

menjaga Ibu. Kepada Ayah mertua, dr. Soeroyo Machfudz, Sp.A(K), MPH dan Ibu mertua, ibu Siti Munafiati, terima kasih telah menyambut saya sebagai bagian dari keluarga dengan tangan terbuka. Terima kasih untuk doa dan dukungan selalu dari adikku, dr. Lia Ratna Sari beserta suami, Dr. Thaqibul Fikri Niyartama. Terima kasih juga untuk semua anggota keluarga besar B771 yang selalu memberikan keceriaan. Istriku yang tercinta, Ririn Mardiasuty, terima kasih telah menjadi teman hidup, pelipur lara, dan penopang semangat yang tak tergantikan. Untuk tiga bidadari kecilku, Hanim, Maryam, dan Hasna, kalian bertiga akan tetap menjadi bidadari kecil Abi dan kalian adalah alasan Abi berjuang dan semakin memantapkan tekad untuk memberikan yang terbaik bagi masa depan kalian. Tetap semangat dalam mengerjakan hal-hal yang bermanfaat, selalu minta tolong kepada Allah dan jangan menyerah.

Akhir kata, kepada seluruh hadirin yang telah dengan sabar menyimak dan mendengarkan pidato pengukuhan ini, baik yang berada di Balai Senat Universitas Gadjah Mada maupun yang mengikuti secara daring di manapun hadirin berada, serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah membantu dan berperan secara langsung atau tidak langsung sehingga pencapaian ini dapat terwujud, saya ucapkan terima kasih, *jazakumulloohu khoyron*. Semoga Allah subhanahu wa ta'ala memberikan kita taufik dan senantiasa meridhoi dan memberkahi setiap langkah kita.

Wassalamu 'alaykum warohmatulloohi wabarokaatuh.

Daftar Pustaka

- AbdelMaksoud, E., Barakat, S., & Elmogy, M. (2020). A comprehensive diagnosis system for early signs and different diabetic retinopathy grades using fundus retinal images based on pathological changes detection. *Computers in Biology and Medicine*, *126*, 104039. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.104039>
- Adi Nugroho, H.**, Imaroh, K., Ardiyanto, I., & Legya Frannita, E. (2020). Automated Detection of Plasmodium Ovale and Malariae Species on Microscopic Thin Blood Smear Images. *Int. J. Advance Soft Compu. Appl*, *12*(1).
- Allison, K., Patel, D., & Besharim, C. (2021). The Value of Annual Glaucoma Screening for High-Risk Adults Ages 60 to 80. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.18710>
- Amalia Aras, R., Lestari, T., **Adi Nugroho, H.**, & Ardiyanto, I. (2016). Segmentation of retinal blood vessels for detection of diabetic retinopathy: A review. *Communications in Science and Technology*, *1*(1). <https://doi.org/10.21924/cst.1.1.2016.13>
- Ardiyanto, I., **Nugroho, H. A.**, & Buana, R. L. B. (2016). Maximum entropy principle for exudates segmentation in retinal fundus images. *2016 International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS)*, 119–123. <https://doi.org/10.1109/ICTS.2016.7910284>
- Ardiyanto, I., **Nugroho, H. A.**, & Buana, R. L. B. (2017). Deep learning-based Diabetic Retinopathy assessment on embedded system. *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 1760–1763. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8037184>
- Badan Pusat Statistik. (n.d.). Retrieved October 9, 2023, from <https://www.bps.go.id/indicator/30/1393/1/kejadian-malaria-per-1000-orang.html>

Berzosa, P., De Lucio, A., Romay-Barja, M., Herrador, Z., González, V., García, L., Fernández-Martínez, A., Santana-Morales, M., Ncogo, P., Valladares, B., Riloha, M., & Benito, A. (2018). Comparison of three diagnostic methods (microscopy, RDT, and PCR) for the detection of malaria parasites in representative samples from Equatorial Guinea. *Malaria Journal*, *17*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S12936-018-2481-4/FIGURES/4>

Boyd, K. (2022). "What Is Glaucoma? Symptoms, Causes, Diagnosis, Treatment." Retrieved October 27, 2023, from <https://www.aaopt.org/eye-health/>.

Cen, L.-P., Ji, J., Lin, J.-W., Ju, S.-T., Lin, H.-J., Li, T.-P., Wang, Y., Yang, J.-F., Liu, Y.-F., Tan, S., Tan, L., Li, D., Wang, Y., Zheng, D., Xiong, Y., Wu, H., Jiang, J., Wu, Z., Huang, D., ... Zhang, M. (2021). Automatic detection of 39 fundus diseases and conditions in retinal photographs using deep neural networks. *Nature Communications*, *12*(1), 4828. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25138-w>

Cortes, C., Vapnik, V., & Saitta, L. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning 1995* *20*:3, *20*(3), 273–297. <https://doi.org/10.1007/BF00994018>

Dzobo, K., Adotey, S., Thomford, N. E., & Dzobo, W. (2020). Integrating Artificial and Human Intelligence: A Partnership for Responsible Innovation in Biomedical Engineering and Medicine. *Https://Home.Liebertpub.Com/Omi*, *24*(5), 247–263. <https://doi.org/10.1089/OMI.2019.0038>

Fatima, T., & Farid, M. S. (2020). Automatic detection of Plasmodium parasites from microscopic blood images. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*, *44*(1), 69. <https://doi.org/10.1007/S12639-019-01163-X>.

Firdausy, K., Wahyunggoro, O., **Nugroho, H. A.**, & Sasongko, M. B. (2022). A new approach for sensitivity improvement of retinal blood vessel segmentation in high-resolution fundus images based on phase

stretch transform. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 8(3), 299. <https://doi.org/10.26555/ijain.v8i3.914>

Frannita, E. L., **Nugroho, H. A.**, Nugroho, A., Zulfanahri, & Ardiyanto, I. (2018a). Performance of Lacunarity Features for Classifying Thyroid Nodule using Thyroid Ultrasound Images. *2018 2nd International Conference on Imaging, Signal Processing and Communication (ICISPC)*, 79–83. <https://doi.org/10.1109/ICISPC44900.2018.9006724>

Frannita, E. L., **Nugroho, H. A.**, Nugroho, A., Zulfanahri, & Ardiyanto, I. (2018b). Thyroid Nodule Classification Based on Characteristic of Margin using Geometric and Statistical Features. *2018 2nd International Conference on Biomedical Engineering (IBIOMED)*, 54–59. <https://doi.org/10.1109/IBIOMED.2018.8534944>

Fuhad, K. M. F., Tuba, J. F., Sarker, M. R. A., Momen, S., Mohammed, N., & Rahman, T. (2020). Deep Learning Based Automatic Malaria Parasite Detection from Blood Smear and Its Smartphone Based Application. *Diagnostics 2020, Vol. 10, Page 329, 10(5)*, 329. <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS10050329>.

Glaucoma Information Statistics - Glaucoma Information. (n.d.). Retrieved October 11, 2023, from <https://www.glaucomapatients.org/basic/statistics/>

Hardani, D. N. K., **Nugroho, H. A.**, & Ardiyanto, I. (2022). The Impact of Filtering for Breast Ultrasound Segmentation using A Visual Attention Model. *2022 4th International Conference on Biomedical Engineering (IBIOMED)*, 18–23. <https://doi.org/10.1109/IBIOMED56408.2022.9988361>

Hari Penglihatan Sedunia (World Sight Day) 2019: Satu dari Tiga Orang dengan Diabetes Melitus berisiko Buta | Bayer Indonesia. (n.d.). Retrieved October 9, 2023, from

<https://www.bayer.com/id/id/hari-penglihatan-sedunia-world-sight-day-2019-satu-dari-tiga-orang-dengan-diabetes-melitus>.

Hosseinkhani, H. (2022). Artificial intelligence (AI) in biomedical engineering. *Journal of Clinical Medicine and Therapeutics*, 7(7). <https://www.imedpub.com/articles/artificial-intelligence-ai-in-biomedical-engineering.php?aid=47732>.

Ilcham, **Nugroho, H. A.**, Ardiyanto, I., & Frannita, E. L. (2021). Analysis of Retinal Nerve Fiber Layer for Classification of Glaucoma. *2021 13th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering, ICITEE 2021*, 165–170. <https://doi.org/10.1109/ICITEE53064.2021.9611892>

Jin, J. (2022). Screening for Primary Open-Angle Glaucoma. *JAMA*, 327(20), 2030. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.7531>

Kanker Payudara - Gejala, penyebab dan mengobati - Alodokter. (n.d.). Retrieved October 10, 2023, from <https://www.alodokter.com/kanker-payudara>

Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *InfoDatin: Situasi Glaukoma di Indonesia*. Jakarta: Pusat Data Dan Informasi Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *P2PM*. <https://p2pm.kemkes.go.id/publikasi/infografis/informasi-malaria-tahun-2022>

Khusna, D. A., **Nugroho, H. A.**, & Soesanti, I. (2015). Performance analysis of edge and detailed preserved speckle noise reduction filters for breast ultrasound images. *2015 2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 76–80. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE.2015.7437774>

Khusna, D. A., **Nugroho, H. A.**, & Soesanti, I. (2016). *Analysis of shape features for lesion classification in breast ultrasound images*. 160009. <https://doi.org/10.1063/1.4958602>

- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84–90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Kumar, R., Verma, A. K., Shrivastava, S., Thota, P., Singh, M. P., Rajasubramanian, S., Das, A., & Bharti, P. K. (2020). First successful field evaluation of new, one-minute haemozoin-based malaria diagnostic device. *EClinicalMedicine*, 22, 100347. <https://doi.org/10.1016/J.ECLINM.2020.100347>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature* 2015 521:7553, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Listyalina, L., **Nugroho, H. A.**, Wibirama, S., & Oktoeberza, W. K. (2017). Automated localisation of optic disc in retinal colour fundus image for assisting in the diagnosis of glaucoma. *Communications in Science and Technology*, 2(1), 18–23. <https://doi.org/10.21924/cst.2.1.2017.43>
- Maysanjaya, I. M. D., **Nugroho, H. A.**, Setiawan, N. A., & Murhandarwati, E. E. H. (2016). Segmentation of Plasmodium vivax phase on digital microscopic images of thin blood films using colour channel combination and Otsu method. *AIP Conference Proceedings*, 1755(1), 160002. <https://doi.org/10.1063/1.4958595/821546>
- Mbanefo, A., & Kumar, N. (2020). Evaluation of Malaria Diagnostic Methods as a Key for Successful Control and Elimination Programs. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 5(2).
- MedlinePlus (2023). "Thyroid Diseases." Retrieved October 27, 2023, from <https://medlineplus.gov/thyroiddiseases.html>.
- Minarno, A. E., Cokro Mandiri, M. H., Azhar, Y., Bimantoro, F., **Nugroho, H. A.**, & Ibrahim, Z. (2022). Classification of Diabetic Retinopathy Disease Using Convolutional Neural Network. *JOIV* :

International Journal on Informatics Visualization, 6(1), 12.
<https://doi.org/10.30630/joiv.6.1.857>

Mrad, Y., Elloumi, Y., Akil, M., & Bedoui, M. H. (2022). A Fast and Accurate Method for Glaucoma Screening from Smartphone-Captured Fundus Images. *IRBM*, 43(4), 279–289.
<https://doi.org/10.1016/j.irbm.2021.06.004>.

Muthmainah, M. U., **Nugroho, H. A.**, Winduratna, B., & Ilcham. (2018). Analysis of Retinal Fundus Images for Classification of Glaucoma. *2018 1st International Conference on Bioinformatics, Biotechnology, and Biomedical Engineering - Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/BIOMIC.2018.8610605>.

Ng, B., Puspitaningtyas, H., Wiranata, J. A., Hutajulu, S. H., Widodo, I., Anggorowati, N., Sanjaya, G. Y., Lazuardi, L., & Sripan, P. (2023). Breast cancer incidence in Yogyakarta, Indonesia from 2008–2019: A cross-sectional study using trend analysis and geographical information system. *PLOS ONE*, 18(7), e0288073.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288073>

Nugroho, H. A. (2017). Towards development of a computerised system for screening and monitoring of diabetic retinopathy. *2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 1–1.
<https://doi.org/10.1109/EECSI.2017.8239074>

Nugroho, H. A., Abraham, J. B., Azzira, A. H., Frannita, E. L., Nurfauzi, R., Azif, F. M., & Elsa Herdiana Murhandarwati, E. (2019). Performance of convolutional neural network in detecting plasmodium parasites. *2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2019 - Proceeding*, 331–336. <https://doi.org/10.1109/ICSENGT.2019.8906303>

Nugroho, H. A., Darojatun, A., Ardiyanto, I., & Buana, R. L. B. (2018). Classification of Plasmodium Malariae dan Plasmodium

Ovale in Microscopic Thin Blood Smear Digital Images. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(6), 2301–2307. <https://doi.org/10.18517/IJASEIT.8.6.6514>

Nugroho, H. A., Dendi Maysanjaya, I. M., Setiawan, N. A., Murhandarwati, E. E. H., & Oktoeberza, W. K. Z. (2019). Feature analysis for stage identification of Plasmodium vivax based on digital microscopic image. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 13(2), 721–728. <https://doi.org/10.11591/IJEECS.V13.I2.PP721-728>

Nugroho, H. A., Dharmawan, D. A., Hidayah, I., & Listyalina, L. (2015). Automated microaneurysms (MAs) detection in digital colour fundus images using matched filter. *2015 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications (IC3INA)*, 104–108. <https://doi.org/10.1109/IC3INA.2015.7377755>

Nugroho, H. A., Dharmawan, D. A., Litasari, N. A., & Listyalina, L. (2017). Automated segmentation of foveal avascular zone in digital colour retinal fundus images. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology*, 23(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJBET.2017.10003040>

Nugroho, H. A., & Frannita, E. L. (2021). Thyroid Cancer Classification using Transfer Learning. *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IC2SE52832.2021.9791905>

Nugroho, H. A., Frannita, E. L., & Hutami, A. H. T. (2020). Thyroid Nodules Categorization Based on Margin Features Using Deep Learning. *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 499–504. <https://doi.org/10.1109/ISRITI51436.2020.9315329>

Nugroho, H. A., Frannita, E. L., Nugroho, A., Zulfanahri, Ardiyanto, I., & Choridah, L. (2017). Classification of thyroid nodules based on

analysis of margin characteristic. *2017 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications (IC3INA)*, 47–51. <https://doi.org/10.1109/IC3INA.2017.8251738>

Nugroho, H. A., & Frannita, E. L. (2021). Intelligent Diabetic Retinopathy Detection using Deep Learning. *2021 4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 351–355. <https://doi.org/10.1109/ISRITI54043.2021.9702859>

Nugroho, H. A., Goratama, R. D., & Frannita, E. L. (2021). Saturation channel extraction of HSV color space for segmenting Plasmodium parasite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1088(1), 012073. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1088/1/012073>

Nugroho H. A., Khusna D., and Frannita E. (2019). Detection and Classification of Breast Nodule on Ultrasound Images using Edge Feature. *International Journal Advance Soft Computer*, 11, 64–79.

Nugroho, H. A., Lestari, T., Rezty Amalia Aras, & Ardiyanto, I. (2016). Comparison of two different types of morphological method for feature extraction of retinal vessels in colour fundus images. *2016 2nd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)*, 296–299. <https://doi.org/10.1109/ICSITech.2016.7852651>

Nugroho, H. A., Listyalina, L., Setiawan, N. A., Wibirama, S., & Dharmawan, D. A. (2015). Automated segmentation of optic disc area using mathematical morphology and active contour. *2015 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications (IC3INA)*, 18–22. <https://doi.org/10.1109/IC3INA.2015.7377739>

Nugroho, H. A., Marsiano, A. F. D., Xaphakdy, K., Sihakhom, P., Frannita, E. L., Nurfauzi, R., & Murhandarwati, E. E. H. (2019). Multithresholding Approach for Segmenting Plasmodium Parasites.

2019 11th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering, ICITEE 2019.
<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2019.8929995>

Nugroho, H. A., & Nurfauzi, R. (2023). A combination of optimized threshold and deep learning-based approach to improve malaria detection and segmentation on Plasmoid dataset.
<https://doi.org/10.1139/Facets-2022-0206>, 8, 1–12.
<https://doi.org/10.1139/FACETS-2022-0206>

Nugroho, H. A., Nurfauzi, R., Elsa, E., Murhandarwati, H., & Purwono, P. (2022). *Plasmoid: A dataset for Indonesian malaria parasite detection and segmentation in thin blood smear*.
<https://arxiv.org/abs/2211.15105v1>

Nugroho, H. A., Nurfauzi, R., & Frannita, E. L. (2019). Plasmodium Candidate Detection on Thin Blood Smear Images with Luminance Noise Reduction. *Proceeding - 2019 5th International Conference on Science in Information Technology: Embracing Industry 4.0: Towards Innovation in Cyber Physical System, ICSITech 2019*, 146–149. <https://doi.org/10.1109/ICSITECH46713.2019.8987538>

Nugroho, H. A., Oktoeberza, K. Z. W., Adji, T. B., & Sasongko, M. B. (2015). Segmentation of exudates based on high pass filtering in retinal fundus images. *2015 7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 436–441. <https://doi.org/10.1109/ICITEED.2015.7408986>

Nugroho, H. A., Oktoeberza, K. Z. W., Ardiyanto, I., Buana, R. L. B., & Sasongko, M. B. (2016). Automated segmentation of hard exudates based on matched filtering. *2016 International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology (ISSIMM)*, 84–87. <https://doi.org/10.1109/ISSIMM.2016.7803728>

Nugroho, H. A., Oktoeberza, W. K. Z., Erasari, A., Utami, A., & Cahyono, C. (2017). Segmentation of optic disc and optic cup in colour fundus images based on morphological reconstruction. *2017*

9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 1–5.
<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2017.8250456>

Nugroho, H. A., Purnamasari, D., Soesanti, I., Oktoeberza, K. Z. W., & Dharmawan, D. A. (2015). Detection of foveal avascular zone in colour retinal fundus images. *2015 International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)*, 225–230.
<https://doi.org/10.1109/ICSITech.2015.7407808>

Nugroho, H. A., Purnamasari, D., Soesanti, I., Oktoeberza, W. K. Z., & Dharmawan, D. A. (2017). Segmentation of Foveal Avascular Zone in Colour Fundus Images Based on Retinal Capillary Endpoints Detection. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 9(3–8), 107–112.
<https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/3107>

Nugroho, H. A., Rahmawaty, M., Triyani, Y., & Ardiyanto, I. (2016). Texture analysis for classification of thyroid ultrasound images. *2016 International Electronics Symposium (IES)*, 476–480.
<https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2016.7861053>

Nugroho, H. A., Rahmawaty, M., Triyani, Y., & Ardiyanto, I. (2017). Neutrosophic and fuzzy C-means clustering for breast ultrasound image segmentation. *2017 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2017.8250453>

Nugroho, H. A., Saputra, W. A., Permanasari, A. E., & Murhandarwati, E. E. H. (2017). Automated determination of plasmodium region of interest on thin blood smear images. *2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application: Strengthening the Link Between University Research and Industry to Support ASEAN Energy Sector, ISITIA 2017 - Proceeding, 2017-January*, 352–355. <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2017.8124108>

Nugroho, H. A., Tantowi, F. L., Anggara, R., Dean Aldibra, T. M., Nurfauzi, R., Frannita, E. L., & Prananda, A. R. (2019). Segmentation of plasmodium using saturation channel of HSV color space. *2019 International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2019*, 91–94. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT46704.2019.8938471>

Nugroho, H. A., Triyani, Y., Rahmawaty, M., & Ardiyanto, I. (2017a). Computer Aided Diagnosis using Margin and Posterior Acoustic Features for Breast Ultrasound Images. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 15(4), 1776. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v15i4.5021>

Nugroho, H. A., Triyani, Y., Rahmawaty, M., & Ardiyanto, I. (2017b). Breast ultrasound image segmentation based on neutrosophic set and watershed method for classifying margin characteristics. *2017 7th IEEE International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, 43–47. <https://doi.org/10.1109/ICSEngT.2017.8123418>

Nugroho, H. A., Triyani, Y., Rahmawaty, M., Ardiyanto, I., & Choridah, L. (2016). Performance analysis of filtering techniques for speckle reduction on breast ultrasound images. *2016 International Electronics Symposium (IES)*, 450–454. <https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2016.7861048>

Nugroho, H. A., Wibawa, M. S., Setiawan, N. A., Murhandarwati, E. E. H., & Buana, R. L. B. (2019). Identification of plasmodium falciparum and plasmodium vivax on digital image of thin blood films gf. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 13(3), 933–944. <https://doi.org/10.11591/IJEECS.V13.I3.PP933-944>

Nugroho, H. A., Zulfanahri, Nugroho, A., Frannita, E. L., Ardiyanto, I., & Choridah, L. (2017). Feature extraction based on laws' texture energy for lesion echogenicity classification of thyroid ultrasound images. *2017 International Conference on Computer, Control,*

Informatics and Its Applications (IC3INA), 41–46.
<https://doi.org/10.1109/IC3INA.2017.8251737>

Nugroho, H. A., Zulfanahri, Frannita, E. L., Ardiyanto, I., & Choridah, L. (2021). Computer aided diagnosis for thyroid cancer system based on internal and external characteristics. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 33(3), 329-339. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.01.007>

Poostchi, M., Silamut, K., Maude, R. J., Jaeger, S., & Thoma, G. (2018). Image analysis and machine learning for detecting malaria. *Translational Research: The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 194, 36. <https://doi.org/10.1016/J.TRSL.2017.12.004>

Radswiki T, Ranchod A, Niknejad M, et al. Breast imaging-reporting and data system (BI-RADS) assessment category 2. Reference article, Radiopaedia.org (Accessed on 14 Oct 2023) <https://doi.org/10.53347/rID-13953>

Rahmawaty, M., **Nugroho, H. A.**, Triyani, Y., Ardiyanto, I., & Soesanti, I. (2016). Classification of breast ultrasound images based on texture analysis. *2016 1st International Conference on Biomedical Engineering (IBIOMED)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IBIOMED.2016.7869825>

Rama Chellappa, Ph. D., & Niiler, E. (2022). Can We Trust AI? *Can We Trust AI?* <https://doi.org/10.1353/BOOK.100180>.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature* 1986 323:6088, 323(6088), 533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>

Sahar, M., **Nugroho, H. A.**, Tianur, Ardiyanto, I., & Choridah, L. (2016). Automated detection of breast cancer lesions using adaptive thresholding and morphological operation. *2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICITSI.2016.7858237>

Saputra, W. A., **Nugroho, H. A.**, & Permanasari, A. E. (2017). Toward development of automated plasmodium detection for Malaria diagnosis in thin blood smear image: An overview. *2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation, ICITSI 2016 - Proceedings*.
<https://doi.org/10.1109/ICITSI.2016.7858228>

Shortliffe, E. Hance. (1976). *Computer-based medical consultations, MYCIN*. 264.

Siegel, R. L., Miller, K. D., & Jemal, A. (2020). Cancer statistics, 2020. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 70(1), 7–30.
<https://doi.org/10.3322/caac.21590>

Sinclair, S. H., & Schwartz, S. S. (2019). Diabetic Retinopathy—An Underdiagnosed and Undertreated Inflammatory, Neuro-Vascular Complication of Diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00843>

Smith D, Weerakkody Y, Botz B, et al. ACR Thyroid Imaging Reporting and Data System (ACR TI-RADS) (2017). Reference article, Radiopaedia.org (Accessed on 13 Oct 2023)
<https://doi.org/10.53347/rID-52374>

Swartout, W. R. (1985). Rule-based expert systems: The mycin experiments of the stanford heuristic programming project: B.G. Buchanan and E.H. Shortliffe, (Addison-Wesley, Reading, MA, 1984); 702 pages, \$40.50. *Artificial Intelligence*, 26(3), 364–366.
[https://doi.org/10.1016/0004-3702\(85\)90067-0](https://doi.org/10.1016/0004-3702(85)90067-0)

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), 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>

Tianur, **Nugroho, H. A.**, Sahar, M., Ardiyanto, I., Indrastuti, R., & Choridah, L. (2016). Classification of breast ultrasound images based

on posterior feature. *2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICITSI.2016.7858239>

Wang, L., Zhang, L., Zhu, M., Qi, X., & Yi, Z. (2020). Automatic diagnosis for thyroid nodules in ultrasound images by deep neural networks. *Medical Image Analysis*, *61*, 101665. <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101665>

Widiawati, C. R. A., **Nugroho, H. A.**, & Ardiyanto, I. (2016). Plasmodium detection methods in thick blood smear images for diagnosing Malaria: A review. *Proceedings - 2016 1st International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2016*, 142–147. <https://doi.org/10.1109/ICITISEE.2016.7803063>

World Malaria Report 2022. (2022). (Accessed on 11 Oct 2023) <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2022>

Organization, W. H. (2023). "Malaria." Retrieved October 27, 2023, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>.

Xiaoyang Song, Keou Song, & Yazhu Chen. (2005). A Computer-based Diagnosis System for Early Glaucoma Screening. 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, 6608–6611. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2005.1616016>

Yulianti, T., Septama, H. D., Himayani, R., **Nugroho, H. A.**, & Setiawan, N. A. (2022a). *No reference image quality assessment of retinal image for diabetic retinopathy detection based on feature extraction*. 080009. <https://doi.org/10.1063/5.0103286>.

Zulfanahri, **Nugroho, H. A.**, Nugroho, A., Frannita, E. L., & Ardiyanto, I. (2017). Classification of thyroid ultrasound images based on shape features analysis. *2017 10th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/BMEiCON.2017.8229106>.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Prof. Ir. Hanung Adi Nugroho, S.T.,
 M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE.
 Jabatan Fungsional/ Gol : Guru Besar/ IVc
 NIP : 197802242002121001
 Tempat, Tanggal Lahir : Yogyakarta, 24 Februari 1978
 Alamat Rumah : Jl. Hibrida 175 RT 11 RW 04 Miliran,
 Muja Muju, Umbulharjo, Kota
 Yogyakarta 55165
 No. Telp. : 08122714715
 Alamat Kantor : Departemen Teknik elektro dan
 Teknologi Informasi, Fakultas Teknik,
 Universitas Gadjah Mada
 Jl. Grafika 2, Kampus UGM, Yogyakarta
 55281, Indonesia
 Alamat e-mail : adinugroho@ugm.ac.id;
 adinugroho@ieee.org

Data Keluarga

Istri : dr. Ririn Mardiasuty
 Anak : 1. Rijja Hanim Muthmainnah Nugroho
 2. Maryam Radhwa Al Hanifah Nugroho
 3. Hasna Al Mumtazah Nugroho

Riwayat Pendidikan

- 1984 : Lulus dari TK Kapas, Yogyakarta.
- 1990 : Lulus dari SD Negeri Ungaran 1, Yogyakarta.
- 1993 : Lulus dari SMP Negeri 5 , Yogyakarta.
- 1996 : Lulus dari SMA Negeri 1, Yogyakarta.
- 2001 : Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- 2005 : *Master of Engineering* in Biomedical Engineering, The University of Queensland, Australia.
- 2012 : *Doctor of Philosophy* in Electrical and Electronics Engineering, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia.
- 2018 : Pendidikan Profesi, Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- 2018 : Professional Engineer (IPM) di Teknik Elektro dari Persatuan Insinyur Indonesia (PII), Indonesia.

Penghargaan (5 tahun terakhir)

1. Best paper Award in Recognition of Invaluable Support and Participation in The 1st 2023 Software and Technology, Visual Informatics and Applications (SOTVIA) Conference, September 25, 2023, in Almaty, Kazakhstan.
2. Best Paper Award in the 8th International Conference On Electrical, Electronics And Information Engineering, Malang, Indonesia, September 28, 2023.
3. Satyalancana Karya Satya XX, 2023.
4. Best Paper Award in the 3rd International Conference on Electronics, Biomedical Engineering, and Health Informatics (ICEBEHI), Surabaya, Indonesia on October 4 – 5, 2022.
5. Kesetiaan 15 Tahun UGM, 2020.
6. Pemenang Kategori Kekayaan Intelektual Non Paten Terbaik UGM, 2019
7. 3rd place of National Productive Writer on Scientific Publication in Sinta Award 2019.

8. Best Paper Award in the 2nd International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT 2019), Yogyakarta, Indonesia on July 24-25, 2019.
9. Best Paper Award in the 4th International Conference on Science in Information Technology (ICSITech 2018), Melaka, Malaysia on October 30 – 31, 2018.
10. Best Paper Award in the 4th International Conference on Electronic Design (ICED 2018), Melaka, Malaysia on August 9 – 10, 2018.

Hibah Penelitian (5 tahun terakhir)

- 2021 – 2023 : Ketua Tim Penelitian Proyek Pengembangan Metode untuk Mendeteksi Ketidaknormalan pada Gambar Medis, Direktorat Pendidikan Tinggi.
- 2021 – 2022 : Ketua Tim Penelitian Proyek Pengembangan Metode Generalisasi untuk Mengenali Sinyal EEG, Direktorat Pendidikan Tinggi.
- 2021 – 2022 : Ketua Tim Penelitian Proyek Pengembangan Metode Pendeteksian dan Identifikasi Parasit Plasmodium, Direktorat Pendidikan Tinggi.
- 2021 – 2022 : Ketua Tim Penelitian Proyek Pengembangan Metode Pendeteksian dan Analisis Keganasan Kanker Tiroid, Direktorat Pendidikan Tinggi.
- 2018 – 2020 : Ketua Tim Penelitian Proyek Pengembangan Sistem Pemantauan EEG untuk Prediksi Kejang, Direktorat Pendidikan Tinggi.

Asosiasi Profesional

1. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE)
2. *Association for Computing Machinery* (ACM)
3. Persatuan Insinyur Indonesia (PII)

Riwayat Kerja dan Jabatan

- 2023 – saat ini : Guru Besar dalam bidang Teknik Biomedis, Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2021 – saat ini : Ketua Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2014 – 2020 : Sekretaris Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2018 – 2023 : Lektor Kepala di Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2013 – 2014 : Wakil Ketua Program Pascasarjana, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2014 – 2018 : Lektor di Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2008 – 2014 : Asisten Ahli di Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2002 – 2008 : Tenaga Pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- 2008 – 2010 : Staf peneliti di Departemen Teknik Elektro dan Elektronik, Universiti Teknologi Petronas, Malaysia.
- 2007 – 2010 : Asisten pengajar dan laboratorium di Departemen Teknik Elektro dan Elektronik, Universiti Teknologi Petronas, Malaysia.

Publikasi di Jurnal Ilmiah dengan H-indeks Scopus = 19 (2 tahun terakhir)

1. A. Rizal, R. Hidayat, **H. A. Nugroho**, and W. A. Cahyadi, “Lung sound classification using Multiresolution Higuchi Fractal

- Dimension Measurement,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 5, p. 5091, 2023. doi:10.11591/ijece.v13i5.pp5091-5100.
2. Fahmizal, **H. A. Nugroho**, A. I. Cahyadi, and I. Ardiyanto, ‘Trajectory Tracking Control of UAV Bicopter using Linear Quadratic Gaussian’, Sep. 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2309.08226>.
 3. Fahmizal, **H. A. Nugroho**, A. I. Cahyadi, and I. Ardiyanto, ‘Attitude Control and Low Cost Design of UAV Bicopter’, Sep. 2023. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2309.08209>.
 4. D. W. Prabowo, **H. A. Nugroho**, N. A. Setiawan, and J. Debayle, “A systematic literature review of emotion recognition using EEG signals,” *Cognitive Systems Research*, vol. 82, p. 101152, 2023. doi:10.1016/j.cogsys.2023.101152.
 5. **H. A. Nugroho** and R. Nurfauzi, “A combination of optimized threshold and deep learning-based approach to improve malaria detection and segmentation on plasmoid dataset,” *FACETS*, vol. 8, pp. 1–12, 2023. doi:10.1139/facets-2022-0206.
 6. A. E. Minarno, I. Soesanti, and **H. A. Nugroho**, “Batik Nitik 960 dataset for classification, retrieval, and generator,” *Data*, vol. 8, no. 4, p. 63, 2023. doi:10.3390/data8040063.
 7. **H. A. Nugroho**, R. Nurfauzi, E. Elsa, H. Murhandarwati, and P. Purwono, “PlasmoID: A dataset for Indonesian malaria parasite detection and segmentation in thin blood smear,” Nov. 2022, Accessed: June 8, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2211.15105v1>
 8. Firdausy, K., Wahyunggoro, O., **Nugroho, H. A.**, & Sasongko, M.B., "A new approach for sensitivity improvement of retinal blood vessel segmentation in high-resolution fundus images based on phase stretch transform." *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 8 (3), 2022, doi: 10.26555/ijain.v8i3.914.
 9. Alimudin E., **Nugroho H.A.**, Adji T.B., “Similarity measurement on digital mammogram classification”, *Telkomnika*

- (Telecommunication Computing Electronics and Control), 20 (4), pp. 834 – 845, 2022, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v20i4.10698.
10. N. Wulandari, I. Ardiyanto, and **H. Adi Nugroho**, “A Comparison of Deep Learning Approach for Underwater Object Detection,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 2, pp. 252–258, Apr. 2022, doi: 10.29207/RESTI.V6I2.3931.
 11. Wijayanto I., Hartanto R., **Nugroho H.A.**, “Quantitative analysis of inter-and intrahemispheric coherence on epileptic electroencephalography signal”, *Journal of Medical Signals and Sensors*, 12 (2), pp. 145 – 154, 2022, doi: 10.4103/jmss.JMSS_63_20.
 12. Minarno A.E., Kantomo I.S., Sumadi F.D.S., **Nugroho H.A.**, Ibrahim Z., “Classification of Brain Tumors on MRI Images Using DenseNet and Support Vector Machine”, *International Journal on Informatics Visualization*, 6 (2), pp. 404 – 410, 2022, doi: 10.30630/joiv.6.2.991.
 13. Minarno A.E., Mandiri M.H.C., Azhar Y., Bimantoro F., **Nugroho H.A.**, Ibrahim Z., “Classification of Diabetic Retinopathy Disease Using Convolutional Neural Network”, *International Journal on Informatics Visualization*, 6 (1), pp. 12 - 18, 2022, doi: 10.30630/joiv.6.1.857.
 14. Setiawan N.A., **Nugroho H.A.**, Persada A.G., Yuwono T., Prasajo I., Rahmadi R., Wijaya A., “Classification of arrhythmia's ECG signal using cascade transparent classifier”, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 42 (2), pp. 1015 – 1025, 2022, doi: 10.3233/JIFS-189768.

Book Chapters (2 tahun terakhir)

1. D. N. Hardani, **H. A. Nugroho**, and I. Ardiyanto, “Comparison performance of deep learning models for brain tumor segmentation based on 2d Convolutional Neural Network,” *Lecture Notes in Electrical Engineering*, pp. 333–355, 2023. doi:10.1007/978-981-99-0248-4_24.

2. D. W. Prabowo, **H. A. Nugroho**, N. A. Setiawan, and J. Debayle, “An advanced data augmentation scheme on limited EEG signals for human emotion recognition,” *Lecture Notes in Electrical Eng.*, pp. 391–409, 2023. doi:10.1007/978-981-99-0248-4_27.
3. A.R. Prananda, **H.A. Nugroho**, E.L. Frannita, “Rapid Assessment of Breast Cancer Malignancy Using Deep Neural Network”, *Lecture Notes in Electrical Eng.*, 746 LNEE, pp. 639-649, 2021.
4. A.R. Prananda, **H.A. Nugroho**, E.L. Frannita, “Plasmodium Parasite Detection Using Combination of Image Processing and Deep Learning Approach”, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 746 LNEE, pp. 627-637, 2021.
5. I. Wijayanto, R. Hartanto, **H.A. Nugroho**, “Wrapper Subset Feature Selection for Optimal Feature Selection in Epileptic Seizure Signal Classification”, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 746 LNEE, pp. 567-577, 2021.

HaKI (5 tahun terakhir)

- 2023 **i-Retino**: Sebuah aplikasi berbasis kecerdasan buatan yang dirancang untuk menganalisis citra fundus dan memberikan informasi tentang potensi keparahan Retinopati Diabetik.
- 2022 **RADR (*Rapid Assessment Diabetic Retinopathy*)**: Sebuah aplikasi berbasis Android yang berisi data dan riwayat pemeriksaan pasien DR. Aplikasi ini juga dapat diakses melalui website.
- 2021 ***Regulatory Sandbox Trial Guide for e-Malaria***: Pendekatan regulasi untuk mendorong inovasi digital dalam bidang eliminasi malaria.
- 2019 **Sistem Informasi Kesekretariatan Departemen TETI Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada**: Sistem informasi akademik dan kesekretariatan untuk mendukung proses bisnis akademik spesifik.
- 2018 ***Computer Aided Diagnosis System For Thyroid Cancer (CATHy)***: Sistem deteksi kanker tiroid yang membantu dokter dalam identifikasi dan analisis nodul tiroid.