

**KECERDASAN ARTIFISIAL DALAM BIDANG KESEHATAN:
TINJAUAN KLASIK HINGGA MODERN**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Komputer
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
28 Mei 2024**

**Oleh:
Prof. Drs. Retantyo Wardoyo, M.Sc., Ph.D.**

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum warohmatullohi wabarokatuh.

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Yang saya hormati:

Pimpinan dan segenap anggota Majelis Wali Amanat Universitas Gadjah Mada;

Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada;

Pimpinan dan segenap anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada;

Pimpinan dan segenap anggota Senat Akademik Universitas Gadjah Mada;

Para Dekan, Wakil Dekan, dan Ketua Lembaga di lingkungan Universitas Gadjah Mada;

Pimpinan dan segenap anggota Senat Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada;

Dekan, para Wakil Dekan, Ketua dan Sekretaris Departemen, Ketua dan Sekretaris Program Sudi, dan Kepala Laboratorium di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada;

Segenap sivitas akademika, khususnya para dosen dan staf kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada;

Para tamu undangan, handai taulan, kerabat, saudara, keluarga saya, dan para hadirin yang saya muliakan.

Alhamdulillahirobbil'alamin. Marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah *Subhanahuwata'ala* yang telah melimpahkan karunia kesehatan dan kesempatan kepada kita semua sehingga pada pagi ini kita dapat berkumpul secara luring di Balai Senat Universitas Gadjah Mada maupun secara daring melalui Zoom dan kanal YouTube untuk menghadiri acara pengukuhan ini.

Topik yang akan saya sampaikan pada pidato pengukuhan ini masuk pada bidang Kecerdasan Artifisial (KA), atau *Artificial Intelligence* (AI), sebuah bagian dari Ilmu Komputer. Pada bidang ini, kita akan mengkaji konsep Kecerdasan Artifisial klasik hingga modern. Dalam kehidupan sehari-hari, kita semakin banyak menggunakan dan mengandalkan sistem AI dalam berbagai aplikasi. Oleh karena itu, pada pidato pengukuhan saya sebagai Guru Besar dalam bidang Ilmu Komputer ini, izinkan saya memilih judul “**Kecerdasan Artifisial dalam bidang Kesehatan: tinjauan klasik hingga modern**”. Model KA (AI) dalam bidang kesehatan merupakan bidang penelitian yang sudah lama saya tekuni sejak kuliah program doktor di University of Manchester hingga bimbingan baik dalam program S2 maupun S3 di FMIPA.

Ibu/Bapak hadirin yang saya hormati.

Kecerdasan Artifisial merupakan salah satu cabang dalam Ilmu Komputer yang relatif baru dalam bidang Ilmu Komputer, yaitu pada pertengahan abad 20 sekitar Perang Dunia ke II, namun merupakan breakthrough dalam bidang Ilmu Komputer. Kecerdasan Artifisial, mengacu pada simulasi kecerdasan manusia dalam mesin yang diprogram untuk berpikir dan belajar seperti manusia. Mesin ini dirancang untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti persepsi visual, pengenalan suara, pengambilan keputusan, dan terjemahan bahasa. AI mencakup berbagai teknik, antara lain termasuk pembelajaran mesin, pemrosesan bahasa alami, visi komputer, dan robotika. Sistem AI dapat dikategorikan menjadi dua tipe utama: AI sempit, yang dirancang untuk tugas tertentu, dan AI umum, yang memiliki kemampuan untuk memahami, mempelajari, dan menerapkan pengetahuan pada berbagai tugas dengan cara yang mirip dengan manusia. Pengetahuan bisa diperoleh dari manusia, pakar, dan pembelajaran dari data diantaranya melalui *Data Mining* dengan *Knowledge Discovery*, *Machine Learning*, dan *Deep Learning*.

Penerapan Kecerdasan Artifisial telah berkembang sangat luas dalam berbagai bidang, misalkan kesehatan, industri, berbagai teknologi, dan pendidikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, kami

akan menyampaikan beberapa penerapan dalam bidang kesehatan, mulai dari yang kalsik, seperti penggunaan *Decisison Support Systems*, *Expert Systems*, *Case-based Reasoning* hingga yang modern seperti penggunaan *Machine Learning*.

Ibu/Bapak hadirin yang saya hormati.

Tinjauan Klasik Kecerdasan Artifisial adalah dimulai dengan:

1. *Based System*: didasarkan pada pengetahuan yang diperoleh dari manusia, khususnya para pakar. Sering dikenal dengan Sistem Pakar.
2. *Case-Based Reasoning*: didasarkan pada kasus-kasus yang telah terjadi untuk dijadikan kesimpulan bagi kasus baru dengan mencari kemiripannya.
3. *Clinical Decision Support Systems*: didasarkan pada model keputusan klinis berdasarkan kondisi pasien
4. Jaringan Syaraf Tiruan: didasarkan pada konsep syaraf manusia untuk melakukan komputasi
5. *Natural Language Processing*: didasarkan pada konsep bagaimana manusia mengenal bahasa natural

Penerapan *Case-based Reasoning* dan *Natural Language Processing*

Penelitian yang dilakukan oleh Kusri (2010) tentang *Geriatric Telesessment System* menerapkan metode *Case-based Reasoning* pada database relasional untuk membentuk pengetahuan diagnosis. Pembentukan pengetahuan dengan cara membentuk pohon keputusan berdasarkan data rekam medis pasien. Model yang digunakan dalam pembentukan pengetahuan menggunakan framework CUC-C4.5 yang merupakan pengembangan dari algoritma C4.5. Framework ini dapat menangani perbedaan derajat kepercayaan terhadap kebenaran kasus dalam database kasus. Framework ini juga memungkinkan penggunaan data gambar sebagai variabel penentu dalam pembentukan pohon keputusan. Dalam framework ini juga diterapkan pengembangan algoritma *k-means clustering* dalam pendiskritan data kontinyu untuk menangani penggunaan variabel data kontinyu sebagai variabel penentu dalam pembentukan pohon keputusan. Proses akuisisi pengetahuan diagnosis tidak dilakukan

secara manual, melainkan dibentuk secara otomatis oleh sistem berdasarkan data rekam medis.

Berikutnya Mulyana, at al. (2021) telah melakukan penelitian yang memanfaatkan catatan rekam medis (*medical record*) pasien dalam mengembangkan sistem *Case-based Reasoning (CBR)* untuk membantu dalam menentukan jenis gangguan *schizophrenia* dan penatalaksanaannya. Dengan *Natural Language Processing (NLP)* menggunakan *Hidden Marcov Model (HMM)* dan algoritma *Viterbi*, sebuah teks masukan yang menggambarkan kondisi pasien, diolah menjadi gejala-gejala. Proses tersebut dilakukan dengan terlebih dahulu membangun korpus yang terkait dengan gangguan *schizophrenia* berdasarkan catatan rekam medis dari sejumlah pasien. Gejala-gejala yang dihasilkan tersebut, ditambah dengan gejala-gejala lain hasil pemeriksaan fisik, digunakan sebagai data atau kasus yang menjadi masukan ke sistem CBR. Selanjutnya sistem CBR akan melakukan proses temu-kembali (*retrieve*) terhadap kasus-kasus di dalam basis kasus yang memiliki tingkat kesamaan paling tinggi di atas *threshold* yang ditentukan. Kasus tersebut merupakan solusi terhadap kasus baru yang direkomendasikan.

Penerapan *Clinical Decision Systems*

Penggunaan *Decision Support Systems* untuk membantu menyelesaikan permasalahan pada keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh dokter jaga di Unit Gawat Darurat sebuah rumah sakit dalam menangani kasus stroke hemoragik. Stroke hemoragik ini memiliki 'Golden Time' periode kritis dimana intervensi cepat dan tepat bisa menghindari cacat permanen dan mengurangi risiko kematian (G. Tsagaankhuu & A. Kuruvilla, 2012; Qureshi, 2008). Untuk mengatasi keterbatasan pengetahuan tersebut, digunakan algoritma C4.5 yang menganalisis data rekam medis pasien, sehingga membantu dokter umum dalam mengambil keputusan yang lebih akurat dan cepat dalam situasi kritis (Wiharto et al., 2016; Almadani & Alshammari, 2018). Untuk menangani masalah stroke ini, memerlukan dokter-dokter spesialis, seperti neurology, ahli bedah saraf, paru-paru, jantung, anestesi untuk menentukan tindakan medis berdasarkan observasi langsung terhadap data dan jenis penyakit pasien. Untuk memudahkan

pengambilan keputusan ini, digunakan Sistem Pendukung Keputusan dengan metode Profile Matching dan SAW yang menghasilkan rekomendasi tindakan medis yang memungkinkan setiap dokter spesialis memberikan pendapat yang berbasis data (Nowell et al., 2017; Han et al., 2018; Andriyani et al., 2023). Dari hasil rekomendasi masing-masing dokter tersebut, kemudian menggunakan Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Pakar. untuk menghasilkan rekomendasi tindakan yang kolektif tanpa perlu pertemuan fisik (Marchant, 1996; Brams et al., 1997).

Ketepatan pemberian jenis maupun dosis obat oleh dokter atau tenaga medis merupakan hal yang penting. Jenis dan dosis obat yang diberikan oleh dokter harus sesuai dengan penyakit yang diderita oleh pasien serta mempertimbangkan kondisi kesehatan pasien. Pada penyakit hipertensi, tingkat kesalahan pemberian dosis obat oleh tenaga medis cukup tinggi, yaitu mencapai 34%. Sementara itu, pemberian jenis dan dosis obat yang sesuai dengan kondisi kesehatan pasien memerlukan pengetahuan tenaga medis yang tinggi serta tenaga medis yang berpengalaman. Tingkat pengetahuan dan pengalaman dari tenaga medis yang dimiliki oleh rumah sakit juga menjadi penyebab tingginya ketidak-tepatan pemberian jenis obat bagi penderita hipertensi.

Sistem Pendukung Keputusan menggunakan metode Profile Matching dengan interpolasi juga digunakan untuk evaluasi kesesuaian obat dengan kondisi kesehatan pasien hipertensi oleh Sutanto dkk. Model yang diusulkan menghasilkan rekomendasi pemberian jenis obat.

Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan digunakan untuk mengidentifikasi kelainan jantung dari hasil rekam jantung keluaran dari EKG dalam penelitian Darwan dkk (2012). Input untuk percobaan identifikasi kelainan jantung merupakan kombinasi sandapan EKG yang mewakili sandapan Anterior (V1, V2, V3, V4, V5, V6) dan Non-Anterior (II, III, aVF). Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode JST-RBF nilai akurasi terendah sebesar 97,24% pada perpaduan sandapan aVF dan V3, dan akurasi tertinggi sebesar 99,71% pada perpaduan sandapan II dan V5, dengan nilai sensitifitas mencapai 99,57% dan spesifisitas

mencapai 99,78%. Percobaan menggunakan JST *backpropagation* nilai akurasi terendah sebesar 93,01% pada aVF dan V3, dan akurasi tertinggi sebesar 95,12% pada sandapan II dan V5, dengan nilai sensitifitas mencapai 92,92% dan spesifisitas mencapai 96,28%.

Rata-rata akurasi untuk semua kombinasi sandapan Anterior dan Non-Anterior menggunakan JST-RBF sebesar 98,35%, sedangkan menggunakan JST *backpropagation* 94,09%, dengan selisih perbedaan yaitu 4,27%. Hal ini menunjukkan bahwa JST-RBF memberikan hasil yang lebih akurat dalam model identifikasi kelainan jantung menggunakan jaringan syaraf tiruan berdasarkan citra EKG 12 sandapan dalam kasus kelainan jantung iskemia dan aritmia.

Diagnosis malaria otomatis terdiri dari tahapan akuisisi citra sediaan darah, pra-pemrosesan citra, segmentasi eritrosit, ekstraksi fitur, dan klasifikasi eritrosit serta plasmodium yang menginfeksi eritrosit. Akuisisi citra dapat menghasilkan citra berkontras rendah yang menjadikan visual dari plasmodium kurang terlihat jelas. Abdul-Nasir et al. (2012) mengembangkan metode *Modified Linear Contrast Stretching* (MLCS) untuk meningkatkan kontras citra, tetapi terjadi perubahan struktur pewarnaan pada plasmodium dan eritrosit. Pada penelitian yang lain, metode *Color Preserving Framework* (CPF) dapat mengurangi penyimpangan pewarnaan pada citra hasil peningkatan kontras (Gupta & Tiwari, 2016). Setyawan et al. (2023) melakukan perbaikan dari metode MLCS, yaitu *Improved MLCS* (IMLCS) yang digabungkan dengan CPF sehingga dapat meningkatkan kontras dengan tetap menjaga struktur pewarnaan terhadap citra asli. Citra hasil peningkatan kontras dapat memberikan visual plasmodium yang lebih jelas, sehingga membantu proses ekstraksi fitur dan klasifikasi. Setyawan et al. (2022) mengkombinasikan fitur tekstur dan morfologi untuk membangun model klasifikasi tahap hidup ring, trophozoite, schizont, dan gametocyte pada plasmodium gametocyte menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh akurasi 82.67%, sensitivitas 82.18%, dan spesifisitas of 94.17%.

Ibu/Bapak hadirin yang saya hormati.

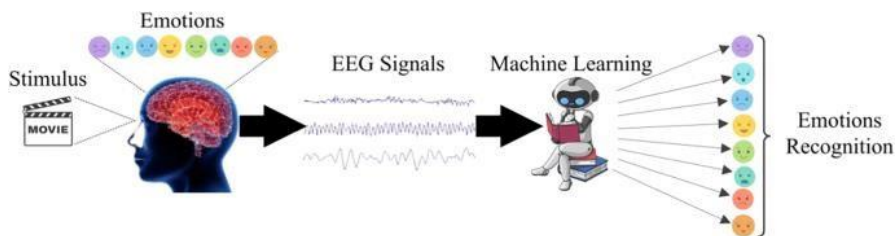
Pada era Kecerdasan Artifisial yang lebih baru, pengetahuan selain diberikan oleh manusia, pengetahuan diperoleh dengan pembelajaran oleh mesin, yaitu *Machine Learning*. Keterbatasan manusia dalam mempelajari data yang besar, memerlukan bantuan komputer mempelajari data yang besar berdasarkan metode pembelajaran yang diberikan oleh manusia. Hasil pembelajaran akan digunakan untuk menghasilkan keputusan/kesimpulan dari masukan data.

Penggunaan Machine Learning

Penelitian Pradipta dkk (2020) memanfaatkan *Machine Learning* dalam sebuah model klasifikasi *Umbilical Coiling Index* (UCI) di bidang kedokteran, yang mampu menghadapi kondisi *imbalanced data sets* dengan optimasi baik dari sisi data level dan juga optimasi pada metode klasifikasi yang digunakan. Model memadukan modifikasi *Synthetic Minority Oversampling Technique* (SMOTE) dan Metode *Ensemble Multiclassifier Voting*. Proses *oversampling* dengan metode modifikasi SMOTE untuk pembuatan data sintetik pada kelas minoritas yaitu kelas *hypercoiling*. Berdasarkan pada hasil percobaan, model terbaik adalah dengan kombinasi modifikasi SMOTE (Radius-SMOTE) dan *Ensemble multiclassifier* dengan akurasi 97.66%, presisi 98.33%, *recall* 97.66%, dan *F-measure* 98.33%. Terdapat peningkatan akurasi 3.1% akurasi, 5% presisi, 3% *recall*, dan 5.3% *F-measure* saat dibandingkan dengan penggunaan metode SMOTE original.

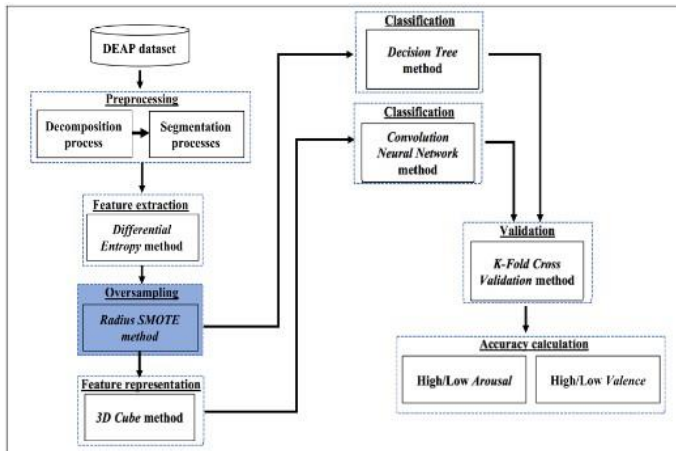
Penelitian berikutnya yang melibatkan SMOTE adalah Optimasi Pengenalan Emosi pada Sinyal Electroncephalogram Melalui *Balancing* Data dengan Metode Radius SMOTE, oleh Wardoyo dkk (2022). Seseorang dengan kesehatan mental yang baik mampu mengoptimalkan potensi dirinya dalam menghadapi permasalahan hidup, tantangan, hingga menjalin hubungan yang positif dengan orang lain (Chao et al., 2019) (Murali Krishna et al., 2019). Oleh karena itu penting menjaga kesehatan mental seseorang. Kesehatan mental dapat diidentifikasi melalui emosi seseorang. Beberapa peneliti telah mengkaji pengenalan emosi baik secara eksternal maupun secara internal (Xu et al., 2018). Secara eksternal, pengenalan emosi dapat

dilakukan melalui teks (Arguedas et al., 2015; Liu et al., 2017), intonasi suara (Bahreini et al., 2016), ekspresi wajah (Gunadi et al., 2015). Namun, pengenalan emosi secara eksternal dapat dengan sengaja disembunyikan pada lingkungan sosial (Wirawan, Wardoyo, & Lelono, 2022). Disisi lain pengenalan emosi secara internal khususnya menggunakan sinyal *Electroencephalogram* (EEG) memiliki beberapa keunggulan, seperti (1) memiliki informasi spasial yang dapat merepresentasikan pengalaman afektif manusia (Hu et al., 2019), (2) dapat secara langsung merepresentasikan perubahan reaksi emosional yang terjadi dan direspon pada otak manusia, terutama di pada sistem *limbic* (Tyng et al., 2017).



Gambar 1. Sistem Pengenalan Emosi berdasar sinyal EEG

Beberapa penelitian terkait pengenalan emosi berdasarkan sinyal EEG telah dilakukan pada ekstraksi fitur, representasi fitur, dan klasifikasi (Wirawan, Wardoyo, & Lelono, 2022). Namun pengenalan emosi sangat dipengaruhi oleh distribusi atau keseimbangan data Elektroensefalogram. Sebaliknya keterbatasan data yang diperoleh berpengaruh signifikan terhadap kondisi ketidakseimbangan data sinyal Elektroensefalogram yang dihasilkan. Hal tersebut berdampak pada rendahnya akurasi pengenalan emosi. Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan tersebut, maka kontribusi penelitian ini adalah mengusulkan metode Radius SMOTE untuk mengatasi ketidakseimbangan dataset pada proses pengenalan emosi (Wardoyo et al., 2022).



Gambar 2. Alur klasifikasi emosi dengan Radius SMOTE

Berdasarkan proses klasifikasi menggunakan metode *Decision Tree*, penerapan oversampling data dengan metode Radius SMOTE menghasilkan akurasi pengenalan emosi arousal dan valence masing-masing sebesar 78,78% dan 75,14%. Sedangkan dengan metode Convolutional Neural Network mampu mengidentifikasi emosi arousal dan valence masing-masing sebesar 82,10% dan 78,99%. Hasil ini mampu mengungguli beberapa penelitian lain. Meskipun metode Radius SMOTE terbukti mampu meningkatkan akurasi pengenalan emosi pada sinyal EEG, namun akurasi masih di bawah 85%. Masalah ini menjadi tantangan dalam penelitian selanjutnya. Dimana sinyal EEG sangat dipengaruhi oleh karakteristik partisipan, seperti ciri kepribadian, kemampuan intelektual, dan gender. Oleh karena itu, studi lanjut perlu dilakukan untuk mengkaji pendekatan yang mampu mereduksi perbedaan pola sinyal EEG yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik seseorang (Wirawan et al., 2021, 2023a, 2023b; Wirawan, Wardoyo, & Lelono, 2022; Wirawan, Wardoyo, Lelono, et al., 2022).

Ibu/Bapak hadirin sekalian yang saya hormati.

Masih Penggunaan Machine Learning

Osteoporosis merupakan penyakit yang menyebabkan kerapuhan tulang dan tulang mudah patah Status osteoporosis dapat diketahui melalui pemeriksaan bone mineral density (BMD),

menggunakan dual energy X-ray absorptiometry (DXA). Namun, biaya pemeriksaan menggunakan DXA relatif mahal dan DXA tidak melakukan penilaian kualitas struktur mikro arsitektur tulang. Perubahan tulang akibat osteoporosis dapat diamati pada radiografi dental periapikal, yang banyak digunakan dalam praktik kedokteran gigi (Sela, 2021). Beberapa penelitian melakukan pemeriksaan osteoporosis menggunakan ciri batang tulang trabekula pada citra radiograf periapikal dental (Sela et al., 2019; Sela & Pulungan, 2019) Penelitian ini mengusulkan metode segmentasi tulang trabekuler otomatis untuk mendeteksi osteoporosis menggunakan histogram warna dan pembelajaran mesin (ML), berdasarkan 120 region of interest (ROI) pada radiografi periapikal, dan dibagi menjadi 60 dataset pelatihan dan 42 data pengujian. Diagnosis osteoporosis didasarkan pada BMD yang dievaluasi dengan absorptiometri sinar-X ganda. Metode yang diusulkan terdiri dari lima tahap: perolehan gambar ROI, konversi ke skala abu-abu, segmentasi histogram warna, ekstraksi distribusi piksel, dan evaluasi kinerja pengklasifikasi ML. Untuk segmentasi tulang trabekuler, kami membandingkan K-means dan Fuzzy C-means. Distribusi piksel yang diperoleh dari segmentasi K-means dan Fuzzy C-means digunakan untuk mendeteksi osteoporosis menggunakan tiga metode ML: pohon keputusan, naif Bayes, dan multilayer perceptron. Dataset pengujian digunakan untuk memperoleh hasil dalam penelitian ini. Berdasarkan evaluasi kinerja metode segmentasi K-means dan Fuzzy C-means yang dikombinasikan dengan 3 ML, metode deteksi osteoporosis dengan kinerja diagnostik terbaik adalah segmentasi K-means yang dikombinasikan dengan multilayer perceptron classifier, dengan akurasi, spesifisitas, dan sensitivitas masing-masing sebesar 90,48%, 90,90%, dan 90,00%. Tingginya akurasi penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap deteksi osteoporosis di bidang analisis citra medis dan gigi. Penelitian tersebut menyatakan bahwa batang tulang trabekula tidak berperan dalam pemeriksaan osteoporosis karena batang trabekula bukan bagian yang dominan pada struktur tulang trabekula.

Ibu/Bapak hadirin sekalian yang saya hormati.

Penggunaan AI untuk pencarian

Terakhir *Artificial intelligence* dapat membantu mencari informasi dengan mempertimbangkan *intention* calon dokter berdasarkan peminatan atau mata kuliah yang sedang ditempuh. Pengembangan model pencarian informasi rekam medis elektronik yang menggabungkan keunggulan model *diversity-aware* dan *intention-based* dalam pencarian informasi menjadi menarik untuk dilakukan. Penggunaan *intention-based* untuk membobot ulang hasil rekomendasi dokumen yang dihasilkan dari *diversity-aware* dapat memberikan rekomendasi yang bahan pembelajaran yang relevan kepada pengguna/calon dokter untuk mendukung proses pembelajarannya. Beberapa model telah banyak dikembangkan untuk dapat melakukan pencarian informasi untuk berbagai bidang termasuk dalam bidang kesehatan (Mustakim dkk, 2018). Dari beberapa model yang ada, Latent Dirichlet Allocation (LDA) menjadi salah satu model yang digunakan dalam pencarian informasi rekam medis (Mustakim dkk, 2021).

Ibu/Bapak hadirin sekalian yang saya hormati.

Mengakhiri pidato ini, izinkan saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada guru-guru, kolega, teman-teman, dan keluarga yang saya cintai dan banggakan yang telah banyak membantu di sepanjang perjalanan karier akademik saya.

Pertama-tama, saya berterima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia atas amanah jabatan fungsional Guru Besar dalam bidang Algoritma dan Komputasi yang diberikan kepada saya. Kepada Prof. dr. Ova Emilia, M.Med.Ed., Sp.OG(K)., Ph.D., Rektor Universitas Gadjah Mada, Prof. Dr. Supriyadi, M.Sc., Wakil Rektor bidang Sumber Daya Manusia dan Keuangan, Suadi, S.Pi., M.Agr.Sc., Ph.D., Direktur Sumber Daya Manusia, Bu Kenok, Pak Mohamad Akhdy Prihantono, dan rekan-rekan lain di Direktorat Sumber Daya Manusia, saya mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan selama proses kenaikan jabatan saya. Penghargaan yang

sama saya sampaikan kepada rekan-rekan di Urusan Pegawai Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Pak Bomahasko Rossasih, Pak Dwi Winarno, dan Bu Shafa Purnama Sari.

Tidak ada ungkapan terima kasih yang cukup untuk guru-guru saya di SD Negeri Tegalyoso 2, SMP Negeri 3 Ambon, dan SMA Negeri 1 Klaten. Semua mereka telah kembali ke haribaan-Nya, tetapi fondasi pengetahuan yang mereka berikan tidak akan pernah saya lupakan. Saya juga tidak akan pernah melupakan jasa guru-guru saya di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam diantaranya: Alm. Bapak Prof. Subanar, Alm. Bapak Prof. R. Soemantri, Alm. Bapak Prof. Zanzawi Soejoeti, Alm. Bapak Prof. Setiaji, Alm. Bapak Prof. Soehakso, Alm. Ibu Prof. Sri Haryatmi, Alm. Bapak Drs. Wirasto, Alm. Bapak Drs. Wardiman, Alm. Ibu Dra. Sri Pangesti, Alm. Ibu Dra. Sri Daru Unoningsih, Alm. Bapak Drs. Sri Tunjung Widyakumara, dan Alm. Ibu Dra. Retno Wikaningtyas, yang beliau-beliau telah mendahului kita, semoga Allah Swt memberikan tempat terbaik di sorga, Aamiin. Juga kepada Bapak Prof. Soeparna Darmawijaya, Bapak Prof. Bambang Sudiyono, Bapak Drs. GP. Dalijo, Dipl. Com., Semoga beliau-baliau selalu diberi kesehatan oleh Allah Swt.

Tak lupa kami sampaikan penghargaan yang tinggi kepada teman seperjuangan bersama dalam suka dan duka, saling membantu, sejak kuliah hingga menjadi dosen: Ibu Prof. Sri Wahyuni, dan Bapak Drs. Zulaela. Semoga tetap sehat dan barokah, serta tetap bersaudara.

Saya bersyukur menjadi bagian dari Laboratorium Algoritma dan Komputasi yang *vibrant* dan produktif bersama dengan rekan-rekan saya Prof. Reza Pulungan, Drs. Janoe Hendarto, M.I.Kom., Dr. Suprpto., Dr. Sri Mulyana, Dr. Nur Rokhman, Dr. Agus Sihabudin, Almh. Dr. Anny Kartika Sari, Dr. Moh Edi Wibowo, I Gede Mujiyatna, S.Si., M.Kom., Dr. Faizal Makhrus, Dr. Wahyono, Dr. Muhammad Alfian Amrizal, Gundur Budi Herwanto, S.Kom., M.Cs., dan Erwin Eko Wahyudi, S.Kom., M.Cs. Dan terimakasih saya juga menjadi bagian dari Laboratorium Sistem Cerdas yang sangat hebat dengan Prof. Sri Hartati, Dr. Sri Mulyana, Afiahayati Ph.D., Aina Musdholifah, Ph.D., Dr. Azhari SN, Almh. Dr. Ilona Usuman, Dr. Dyah Arum, Diyah Utami, Faizah. Saya juga mengucapkan penghargaan kepada seluruh rekan-rekan dosen dan staf kependidikan Departemen Ilmu Komputer

dan Elektronika yang telah tanpa henti berkomitmen membuat DIKE Unggul dalam berbagai bidang.

Terimakasih sebesar-besarnya juga kepada keluarga besar PGSD, nama kelompok bimbingan saya di Program S3 Ilmu Komputer, yang diketuai oleh Dr. Edhy Sutantha, yang selalu mendorong saya untuk segera memperoleh jenjang Guru Besar, serta banyak membantu saya dalam kehidupan saya: saat saya dirawat di rumah sakit, saat saya mantu anak saya, serta rasa kekeluargaan yang besar dan erat. Kekeluargaan yang tidak pernah putus. Khususnya kepada bli Dr. I Made Agus Wirawan, dan bli Dr. Gede Angga Pradipta yang telah banyak membantu.

Banyak terima kasih saya sampaikan atas kerja sama dan sinergi dengan rekan-rekan Dewan Pengurus Pusat APTIKOM dan Pengurus APTIKOM wilayah Yogyakarta. Saya juga beruntung menjadi pengurus IndoCEISS (*Indonesian Computer, Electronics, and Instrumentation Support Society*), pimpinan ibu Prof. Sri Hartati.

Saya juga berterima kasih kepada semua pembimbing tugas akhir saya. Pada waktu sarjana tugas akhir saya dibimbing oleh Bapak Prof. Soeparna Darmawijaya, dan Alm. Prof. Setiaji dengan penuh kesabaran. Saya diperkenalkan pertama kali ke bidang komputasi grafika komputer oleh pembimbing tesis di Department of Computer Science, Prof. Roger Hubbold. Teristimewa, saya menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Prof. Dr. Derek Tim Morris yang telah membimbing disertasi saya, serta memperkenalkan pertama kali penelitian tentang Computer Vision yang menggabungkan Pengolahan Citra, dan Kecerdasan Artifisial.

Doa yang mendalam selalu saya panjatkan kepada Allah Swt untuk ayahanda Alm. Bapak H. Wardoyo Siswardoyo, dan ibunda Alm. Ibu Hj. Sutilah yang telah membesarkan saya di keluarga guru SD dengan didikan penuh kasih sayang namun tegas yang membuat saya menjadi seperti saat ini, semoga beliau berdua mendapat tempat yang terbaik di sisi Allah Swt. Doa juga selalu saya panjatkan kepada almarhumah isteri saya Hj. Dra. Titien Sediartie, M.T., ibu bagi anak saya Didik Ardiastanto, dan Uki Astika Mancasari, yang telah mendampingi saya hampir 25 tahun mulai dari CPNS dengan gaji Rp. 80.000. Semoga almarhumah ditempatkan di sorganya Allah Swt.

Doa istimewa saya panjatkan kepada Allah Swt untuk Bapak Mertua saya almarhum Bapak Letkol. Sediarmo, dan untuk Ibu Mertua saya Almh. Ibu Zaenab Yuniastuti yang tiada henti-hentinya mendoakan dan memberikan kami semangat. Kami sekeluarga juga berterima kasih atas dukungan keluarga alm Mas Sukono dan almh mbak Wiwiek, alm Mas Banar dan almh. Mbak Naniek, Mas Sawab dan mbak Tri, alm Mas Herry dan mbak Utiék, serta adik Tutuk.

Doa Istimewa yang sama saya panjatkan kepada Allah SWT untuk Bapak Mertua saya almarhum Bapak H Mursidi A.S., dan untuk Ibu Mertua saya Almh. Ibu Hj. Siti Wasifah yang tiada henti-hentinya mendoakan dan memberikan kami semangat. Kami sekeluarga juga berterima kasih atas dukungan keluarga Mas Zacky dan mbak Emmy, mbak Heni, mas Agus dan mbak Atik, Mas Adi dan mbak Mita, serta mas Zidni dan mbak Lina.

Alhamdulillah, saya diberkati oleh Allah Swt dengan diamanti dengan 3 anak:

- Didik Ardiastanto, dengan menantu Ita serta cucu Giggsy dan Ibra,
- Uki Astika Mancasari dengan menantu Tyo.
- Muhammad Syaabani Rizqullah.

Pada akhirnya, Allah mempertemukan saya dengan isteri Hj. Lira Yulianti yang selalu memberikan nasihat serta menjaga saya untuk hidup sehat, agar selalu berbahagia. Dan selalu mendorong saya untuk segera memperoleh gelar Guru Besar dalam keadaan sehat.

Ibu/Bapak hadirin sekalian yang saya hormati.

Sebelum saya akhiri, mari kita luangkan waktu dan tundukkan kepala sejenak untuk mengenang kembali guru-guru kita masing-masing dan mendoakan mereka semoga ilmu yang telah mereka ajarkan kepada kita menjadi amal *jariyah* bagi mereka.

Wabillahi taufiq walhidayah.

Wassalamu 'alaikum warohmatullohi wabarokatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Nasir, A. S., Mashor, M. Y., & Mohamed, Z. (2012). Modified global and modified linear contrast stretching algorithms: New colour contrast enhancement techniques for microscopic analysis of malaria slide images. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/637360>
- Almadani, O., & Alshammari, R. (2018). Prediction of stroke using data mining classification techniques. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(1), 457–460. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090163>
- Andriyani, W., Hartati, S., Wardoyo, R., & Wibowo, S. (2023). a Group of Medical Specialist in Determining the Priority of Stroke Patient Treatment. *ICIC Express Letters*, 17(1), 113–122. <https://doi.org/10.24507/icicel.17.01.113>
- Anonim, 2013, Diagnosis Serangan Jantung, <http://www.news-medical.net/health/Heart-Attack-Diagnosis28Indonesian%29.aspx>, akses: 13 Desember 2013.
- Arsana, I.W.T., 2013, Penyakit Jantung Iskemik, <http://www.penyakitjantung.net/penyakit-jantung-iskemik/>, diakses 20 Juni 2014
- Brams, S. J., Kilgour, D. M., & Zwicker, W. S. (1997). Voting on referenda: The separability problem and possible solutions. *Electoral Studies*, 16(3), 359–377. [https://doi.org/10.1016/S0261-3794\(97\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0261-3794(97)00015-2)
- Cabello, D., Barro S., Ruiz R., Zapata E.L., dan Mira, J., 1988, Fuzzy Clustering: Application To The Diagnosis Of Ventricular Arrhythmias, *IEEE Engineering In Medicine & Biology Society 10th Annual International Conference*, CH2566-8/00/0000—0005.
- Das, D. K., Mukherjee, R., & Chakraborty, C. (2015). Computational microscopic imaging for malaria parasite detection: a systematic review. *Journal of Microscopy*, 260(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/jmi.12270>

- El-Khafif, S.H., dan El-Brawany, M.A., 2013, Artificial Neural Network-Based Automated ECG Signal Classifier, Hindawi Publishing Corporation, *ISRN Biomedical Engineering*, Article ID 261917, 1-7.
- Foo, S.Y., Stuart, G., Harvey, B., dan Meyer-Baese, A., 2002, Neural Network-Based EKG Pattern Recognition, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 15, 253–260.
- Fung, dkk (2023) ‘Virtual simulation and problem-based learning enhance perceived clinical and cultural competence of nursing students in Asia: A randomized controlled cross-over study’, *Nurse Education Today*, 123.
- Goldschlager, N., dan Goldman, M.J., 1989, *Principles of Clinical Electrocardiography*, 3rd Edition, 238-25.
- G. Tsagaankhuu, & A. Kuruvilla. (2012). Guidelines for Management of Stroke. *Mongolian Neurology Association's*, 1–42.
- Gupta, B., & Tiwari, M. (2016). Minimum mean brightness error contrast enhancement of color images using adaptive gamma correction with color preserving framework. *Optik*, 127(4), 1671–1676. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.10.068>
- Han, Q., Ji, M., Martinez De Rituerto De Troya, I., Gaur, M., & Zejnilovic, L. (2018). A hybrid recommender system for patient-doctor matchmaking in primary care. *Proceedings - 2018 IEEE 5th International Conference on Data Science and Advanced Analytics, DSAA 2018*, 481–490. <https://doi.org/10.1109/DSAA.2018.00062>
- Hawadak, J., Dongang Nana, R. R., & Singh, V. (2021). Global trend of Plasmodium malariae and Plasmodium ovale spp. malaria infections in the last two decades (2000–2020): a systematic review and meta-analysis. *Parasites and Vectors*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S13071-021-04797-0/TABLES/2>
- Idri, A., Kadi, I., & Benjelloun, H. (2015). Heart disease diagnosis using C4.5 algorithms: A case study. *HEALTHINF 2015 - 8th International Conference on Health Informatics, Proceedings; Part of 8th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, BIOSTEC 2015*, 397–404. <https://doi.org/10.5220/0005216403970404>

- Jadhav, S., Nalbalwar, S., dan Ghatol, A., 2013, Feature Elimination Based Random Subspace Ensembles Learning for ECG Arrhythmia Diagnosis, *Springer- Verlag Berlin Heidelberg*, Soft Comput, DOI 10.1007/s00500-013-1079-6, 1-9.
- Jadhav, S., Nalbalwar, S., dan Ghatol, A., 2012, Artificial Neural Network Models Based Cardiac Arrhythmia Disease Diagnosis from ECG Signal Data, *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887), Volume 44– No15, April 2012, 8-13.
- Jadhav, S., Nalbalwar, S., dan Ghatol, A., 2010, ECG Arrhythmia Classification Using Modular Neural Network Model, *IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering & Science (IECBES)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 30 November-2 December, 62-66.
- Kusrini, Hartati, S., Wardoyo, R. & Harjoko, A. (2010). Differential Diagnosis Knowledge Building by Using CUC-C4.5 Framework. *Journal of Computer Science*, 6(2), 180-185. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2010.180.185>
- Lee, D.H., Park, J.W., Choi, J., Rabbi, A., dan Fazel-Rezai, R., 2013, Automatic Detection of Electrocardiogram ST Segment: Application in Ischemic Disease Diagnosis, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, Vol.4, No. 2, 150-155.
- Marchant, T. (1996). *Valued Relations Aggregation with the Borda Method*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/%28SICI%2910991360%28199606%295%3A2%3C127%3A%3A-AID-MCDA96%3E3.0.CO%3B2-A>
- Mc. Lean (2016) ‘Case-Based Learning and its Application in Medical and Health-Care Fields: A Review of Worldwide Literature’, *Journal of Medical Education and Curricular Development*
- Mitiku, K., Mengistu, G., & Gelaw, B. (2004). The reliability of blood film examination for malaria at the peripheral health unit. *Ethiopian Journal of Health Development*, 17(3), 197–204. <https://doi.org/10.4314/ejhd.v17i3.9840>
- Mulyana, S., Hartati, S., Wardoyo, R., Subandi, 2021, *Utilizing Natural Language Processing in Case-based Reasoning for Diagnosing*

and Managing Schizophrenia Disorder, ICIC Express Letters, Vol. 15, No. 10, pp. 1083–1091

- Mustakim, dkk (2018), 'Review of Intent Diversity in Information Retrieval: Approaches, Models and Trends', *Journal of Information Technology and Computer Science* Volume 3, Number 2, 2018, pp. 132-145.
- Mustakim, dkk (2021), Latent Dirichlet Allocation for Medical Records Topic Modeling: Systematic Literature Review, *2021 6th International Conference on Informatics and Computing*, ICIC 2021
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Poostchi, M., Silamut, K., Maude, R. J., Jaeger, S., & Thoma, G. (2018). Image analysis and machine learning for detecting malaria. *Translational Research*, 194, 36–55. <https://doi.org/10.1016/J.TRSL.2017.12.004>
- Qureshi, A. I. (2008). Acute hypertensive response in patients with stroke pathophysiology and management. *Circulation*, 118(2), 176–187. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.723874>
- Sela, E. I. (2021). Osteoporosis detection on the dental panoramic radiographic images using J48 algorithm and learning vector quantization. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 9(4), 211–217. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.14197>
- Sela, E. I., & Pulungan, R. (2019). Osteoporosis identification based on the validated trabecular area on digital dental radiographic images. *Procedia Computer Science*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.168>
- Sela, E. I., Pulungan, R., Widyaningrum, R., & Shantiningsih, R. R. (2019). Method for Automated Selection of the Trabecular Area in Digital Periapical Radiographic Images Using Morphological Operations. *Healthcare Informatics Research*, 25(3), 193–200. <https://www.e-hir.org/Synapse/Data/PDFData/1088HIR/hir-25-193.pdf>

- Setyawan, D., Wardoyo, R., Wibowo, M. E., & Herdiana Murhandarwati, E. E. (2022). Classification of plasmodium falciparum based on textural and morphological features. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12(5), 5036–5048. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i5.pp5036-5048>
- Setyawan, D., Wardoyo, R., Wibowo, M. E., & Murhandarwati, E. H. (2023). Contrast Enhancement Of Microscopic Malaria Images Using Modified Linear Contrast Stretching With Color Preserving Framework. *ICIC Express Letters*, 17(9). <https://doi.org/10.24507/icicel.17.09.957>
- Sudha, V. and Kalaimani, E.V.R.. (2016b) ‘Efficient Diversity Aware Retrieval System For Handling Medical Queries’, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 05(03), pp. 344–350. Available at: <https://doi.org/10.15623/ijret.2016.0503065>.
- Tangpukdee, N., Duangdee, C., Wilairatana, P., & Krudsood, S. (2009). Malaria Diagnosis: A Brief Review. *The Korean Journal of Parasitology*, 47(2), 93–102. <https://doi.org/10.3347/KJP.2009.47.2.93>
- Thaler, M.S., 2014, *Satu-satunya Buku EKG Yang Anda Perlukan*, Buku Kedokteran ECG.
- Tonekabonipour, H., Emam, A., Teshnelab, M., dan Shoorehdeli, M.A., 2011, Comparison of Neuro-Fuzzy Approaches with Artificial Neural Networks for the Detection of Ischemia in ECG signals, *IEEE*, 4045-4048.
- Wiharto, W., Kusananto, H., & Herianto, H. (2016). Interpretation of clinical data based on C4.5 Algorithm for the diagnosis of coronary heart disease. *Healthcare Informatics Research*, 22(3), 186–195. <https://doi.org/10.4258/hir.2016.22.3.186>
- Yang, J.G., Kim, J.K., Kang, U.G., dan Lee, Y.H., 2013, *Coronary Heart Disease Optimization System On Adaptive-Networkbased Fuzzy Inference System and Linear Discriminant Analysis (ANFIS–LDA)*, *Pers Ubiquit Comput*, DOI 10.1007/s00779-013-0737-0, 1-12.

BIODATA



Nama : Retantyo Wardoyo
Tempat lahir : Klaten
Tanggal lahir : 11-Maret-1959
NIP : 195903111983031005
Jabatan : Guru Besar dalam Bidang Algoritma dan Komputasi pada Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada
Pangkat/Gol. : IVb/Pembina Tingkat I
Email : rw@ugm.ac.id
Alamat Kantor : FMIPA UGM, Sekip Utara, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281
Alamat Rumah : Perumahan Lempongsari B/29, Sariharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta 55581

Keluarga

Istri : Lira Yulianti
Anak : 1. Didik Ardiastanto dan Myrtha Luthfianti Zein (menantu)
- Ridwan Giggsy Ardhita (cucu)
- Ibrahim Ryan Ardhita (cucu)
2. Uki Astika Mancasari dan Krisnantyo Fajar (menantu)
3. Muhammad Syaabani Rizqullah

Riwayat Pendidikan

1966–1971: SD Tegalsyoso II, Klaten.
1972–1974: SMP Negeri 3, Ambon.
1975–1977: SMA Negeri 1, Klaten.

1978-1980: Sarjana Muda Matematika, Universitas Gadjah Mada
1980–1982: Sarjana Matematika, Universitas Gadjah Mada.
1987–1990: Master in Computer Science, University of Manchester, UK
1991–1996: Doktor in Computation, University of Manchester Institute of Science and Technology, UK

Riwayat Pekerjaan

1993–2010 : Dosen Jurusan Matematika, FMIPA UGM.
2010–sekarang : Dosen Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM.
2010–201 : Ketua Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM.
1999–2009 : Pengelola Program Studi Magister dan Doktor Ilmu Komputer, FMIPA UGM.
2009–2011 : Sekretaris Program Studi Magister dan Doktor Ilmu Komputer, FMIPA UGM.
1990–1991 : Ketua Laboratorium Komputasi, Jurusan Matematika, FMIPA-UGM
1996–2009 : Ketua Laboratorium Komputasi, Jurusan Matematika, FMIPA-UGM
2011–2015 : Ketua Laboratorium Algoritma dan Komputasi, Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM
2021–sekarang : Ketua Laboratorium Algoritma dan Komputasi, Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

Publikasi ilmiah yang penting

1. Nugroho, A.K., Wardoyo, R., Wibowo, M. E., Subono, H., “Image dermoscopy skin lesion classification using deep learning method: systematic literature review(Article)”, *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, Volume 13, Issue 2, April 2024, Pages 1042-1049.
2. Santiyuda, K.G., Wardoyo, R., Pulungan, R., Yu, V.F., “Multi-objective reinforcement learning for bi-objective time-dependent

- pickup and delivery problem with late penalties(Article)", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 128, February 2024, Article number 107381
3. Tempola, F., Wardoyo, R., Mudholifah, A., Rosihan, Sumaryanti, L. "Classification of clove types using convolution neural network algorithm with optimizing hyperparamters", *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, Volume 13, Issue 1, February 2024, Pages 444-452.
 4. Budiarsa, R., Wardoyo, R., Musdholifah, A., "Face recognition for occluded face with mask region convolutional neural network and fully convolutional network: a literature review", *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Volume 13, Issue 5, October 2023, Pages 5662-5673
 5. Wirawan, I.M.A., Wardoyo, R., Lelono, D., Kusrohmaniah, S., "Continuous Capsule Network Method for Improving Electroencephalogram-Based Emotion Recognition", *Emerging Science Journal*, Volume 7, Issue 1, February 2023, Pages 116-134
 6. Afiahayati, Wah, Y.B., Hartati, S., Sari, Y., Trisna, I.N.P., Putri, D.U.K., Musdholifah, A., Wardoyo, R., "Forecasting the Cumulative COVID-19 Cases in Indonesia Using Flower Pollination Algorithm", *Computation*, Volume 10, Issue 12, December 2022, Article number 214
 7. Setyawan, D., Wardoyo, R., Wibowo, M.E., Murhandarwati, E.E.H., "Classification of plasmodium falciparum based on textural and morphological features", *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Volume 12, Issue 5, October 2022, Pages 5036-5048
 8. Santiyuda, G., Wardoyo, R., Afiahayati, "Adaptive Lévy Flower Pollination Algorithm for Multiple Objective Optimization", *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, Volume 15, Issue 1, 2022, Pages 141-154
 9. Made Agus Wirawan, I., Wardoyo, R., Lelono, D., "The challenges of emotion recognition methods based on electroencephalogram signals: A literature review", *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Volume 12, Issue 2, April 2022, Pages 1508-1519

10. Pradipta, G.A., Wardoyo, R., Musdholifah, A., Sanjaya, I.N.H., "Machine learning model for umbilical cord classification using combination coiling index and texture feature based on 2-D Doppler ultrasound images", *Health Informatics Journal*, Volume 28, Issue 1, 12 March 2022
11. Wardoyo, R., Wirawan, I.M.A., Pradipta, I.G.A., "Oversampling Approach Using Radius-SMOTE for Imbalance Electroencephalography Datasets", *Emerging Science Journal*, Volume 6, Issue 2, April 2022, Pages 382-398
12. Pradipta, G.A., Wardoyo, R., Musdholifah, A., Sanjaya, I.N.H., "Radius-SMOTE: A New Oversampling Technique of Minority Samples Based on Radius Distance for Learning from Imbalanced Data", *IEEE Access*, Volume 9, 2021, Article number 9431216, Pages 74763-74777
13. Pradipta, G.A., Wardoyo, R., Musdholifah, A., Sanjaya, I.N.H., "Improving classification performance of fetal umbilical cord using combination of SMOTE method and multiclassifier voting in imbalanced data and small dataset", *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, Volume 13, Issue 5, 1 October 2020, Pages 441-454
14. Sunyoto, A., Harjoko, A., Wardoyo, R., Hariadi, M. "Wrist detection based on a minimum bounding box and geometric features", *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Volume 32, Issue 2, February 2020, Pages 208-215
15. Setyaningsih, E., Wardoyo, R., Sari, A.K., "New Compression? Encryption Algorithm Using Chaos- Based Dynamic Session Key", *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, Volume 11, Issue 1, 2018, Pages 1-19
16. Wardoyo, R., Wahyuningrum, T., "University website quality ranking using logarithmic fuzzy preference programming", *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Volume 8, Issue 5, 2018, Pages 3349-3358
17. Suprpto, Wardoyo, R., Widjaja, B.H., Pulungan, R., "A formal proof of correctness of construct association from PROMELA to

Jawa”, *IAENG International Journal of Computer Science*, Volume 42, Issue 4, 2015, Pages 313-331

18. Suprpto, Wardoyo, R., “Algorithms of the combination of compiler optimization options for automatic performance tuning”, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Volume 7804 LNCS, 2013, Pages 91-100
19. Situmorang, Z., Wardoyo, R., Hartati, S., Istiyanto, J.E. “The schedule of optimal fuzzy controller Gain with multi model concept for a solar energy wood drying process kiln”, *International Journal of Operations and Quantitative Management*, Volume 15, Issue 2, June 2009, Pages 137-151