

VISUALISASI BIOIMAGING DENGAN MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING

Fadhriz Qadrul Amien

Faculty of Engineering Universitas Indonesia
fadhriz.qadrul11@ui.ac.id

Basari

Faculty of Engineering Universitas Indonesia
basari.st@ui.ac.id

Abstrak

Teknologi terkini sudah sangat memajukan kehidupan manusia, yaitu untuk membantu pekerjaan manusia agar lebih mudah, salah satunya yaitu teknologi untuk mengidentifikasi sel pada Bioimaging. Bioimaging sendiri digunakan untuk para dokter sel atau patologi. Dalam hal ini teknologi software yang digunakan yaitu Visualisasi Bioimaging, hal ini akan membantu para dokter sel untuk melihat sel pada Bioimaging secara 3D. Untuk memvisualisasi Bioimaging, dibutuhkan pula tools lain untuk dapat mengklasifikasi sel pada Bioimaging tersebut, seperti penggunaan machine learning agar dapat mengetahui sel-sel apa saja yang ada di Bioimaging tersebut. Bioimaging ini juga dapat diketahui jumlah sel yang ada pada Bioimaging tersebut, bergantung pada dataset yang diberikan, hasilnya pun akan berbeda-beda.

Kata Kunci: Visualisasi, Machine Learning, Bioimaging.

Abstract

The latest technology has greatly advanced human life, namely to help make human work easier, one of which is the technology to identify cells in bioimaging. Bioimaging itself is used for cell doctors or pathologists. In this case, the software technology used is Bioimaging Visualization, this will help cell doctors to see cells on Bioimaging in 3D. To visualize Bioimaging, other tools are also needed to be able to classify cells in the Bioimaging, such as using machine learning to find out what cells are in the Bioimaging. This bioimaging can also know the number of cells present in the bioimaging, depending on the dataset provided, the results will also vary.

Keywords: Visualization, Machine Learning, Bioimaging

PENDAHULUAN

Teknologi saat ini sudah sangat berkembang pesat, orang-orang berlomba untuk menciptakan karya yang dapat meringankan pekerjaan manusia seperti robot, mesin automasi dan teknologi lainnya yang dirancang khusus untuk membantu manusia. Artificial Intelligence (AI) adalah kecerdasan buatan yang dirancang oleh manusia untuk robot agar dapat meringankan pekerjaan manusia seperti Machine Learning pada pembacaan sel di Bioimaging atau teknologi lain seperti Visualisasi dan juga untuk membantu meningkatkan kualitas sebuah gambar dengan komputasi-komputasi per piksel menggunakan tools spesifik untuk analisis numerik.¹

¹ Chuang, Szufang, dan Carroll Marion Graham. "Embracing the Sobering Reality of

Menurut Konsorsium Bioteknologi Indonesia (KBI) Bioimaging adalah metode mengamati proses biologis lintas waktu yang tidak mengganggu proses yang mendasari yang sedang dipelajari. Bioimaging berhubungan dengan metode yang secara non-invasif memvisualisasikan proses biologis secara real time.² Bioimaging bertujuan untuk sesedikit mungkin mengganggu proses kehidupan. Selain itu, sering digunakan untuk mendapatkan informasi tentang struktur 3-D dari spesimen yang diamati dari luar, yaitu tanpa gangguan fisik. Dalam arti yang lebih luas, Bioimaging juga mencakup metode memvisualisasikan materi biologis yang telah ditetapkan untuk observasi.³

Bioimaging mencakup pengamatan struktur subselular dan seluruh sel di atas jaringan hingga seluruh organisme multisel. Antara lain menggunakan cahaya, fluoresensi, elektron, ultrasound, sinar-X, resonansi magnetik dan positron sebagai sumber pencitraan.⁴

Dalam biologi sel, bioimaging dapat digunakan untuk mengikuti proses seluler, mengukur tingkat ion atau metabolit, dan mengukur interaksi molekul yang hidup di tempat terjadinya. Pelacak yang tepat, misalnya, fluorokrom spesifik, dan instrumen mikroskopis canggih seperti misalnya mikroskop pemindaian laser confocal (CLSM) adalah prasyarat untuk sebagian besar aplikasi.⁵

Perkembangan terkini dalam bioimaging meliputi mikroskop eksitasi fluoresensi dua foton beresolusi super, pemulihan/redistribusi fluoresensi setelah photobleaching (FRAP), dan transfer energi resonansi fluoresensi (FRET). Dalam beberapa tahun terakhir interaksi yang kuat antara Biologi Molekuler dan Bioimaging telah mengarah pada desain peningkatan jumlah nanosensor untuk banyak ion dan metabolit. Ketika diekspresikan atau tergabung dalam sel, sel-sel ini menjadi self-reporting untuk metabolit yang bersangkutan.⁶

Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM) adalah alat yang digunakan dalam bioimaging karena dapat menghasilkan data dengan sedikit komponen optik invasif dan gambar spesimen atau objek yang direkonstruksi secara tiga dimensi yang diteliti. CLSM adalah teknik pencitraan optik untuk meningkatkan resolusi optik dan kontras mikrograf dengan menggunakan

Technological Influences on Jobs, Employment and Human Resource Development: A Systematic Literature Review." *European Journal of Training and Development* (2018).

² Ansari, Legha, dkk. "Doped-Carbon Dots: Recent Advances in Their Biosensing, Bioimaging dan Therapy Applications." *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 203 (2021): 111743.

³ Qian, Jun, dkk. "High Contrast 3-D Optical Bioimaging using Molecular and Nanoprobes Optically Responsive to IR Light." *Physics Reports* 962 (2022): 1-107.

⁴ Djorgbenoo, Richmond, dkk. "Amphiphilic Phospholipid-Iodinated Polymer Conjugates for Bioimaging." *Biomaterials Science* 9.14 (2021): 5045-5056.

⁵ Neurohr, Gabriel E., dan Angelika Amon. "Relevance and Regulation of Cell Density." *Trends in Cell Biology* 30.3 (2020): 213-225.

⁶ Krishnapriya, T. K., M. K. Jayaraj, dan A. S. Asha. "Luminescent Nanoparticles for Bio-Imaging Application." *Nanomaterials for Sensing and Optoelectronic Applications*. Elsevier, 2022. 107-128.

lubang jarum spasial untuk memblokir cahaya yang tidak fokus dalam pembentukan gambar.⁷ Dengan menangkap beberapa gambar dua dimensi pada kedalaman yang berbeda dalam sampel, CLSM memungkinkan rekonstruksi struktur tiga dimensi (suatu proses yang dikenal sebagai pemotongan optik) di dalam suatu objek. Teknik ini digunakan secara luas dalam komunitas ilmiah dan industri dan penerapan tipikalnya adalah dalam ilmu kehidupan, inspeksi semikonduktor, dan ilmu material.⁸

Cahaya bergerak melalui sampel di bawah mikroskop konvensional sejauh yang dapat ditembus ke dalam spesimen, sedangkan mikroskop confocal hanya memfokuskan berkas cahaya yang lebih kecil pada satu tingkat kedalaman sempit pada satu waktu.⁹

TINJAUAN PUSTAKA

A. Artificial Intelligence

Selama beberapa dekade sebelumnya, berbagai definisi kecerdasan buatan (AI) telah muncul. AI dalam pekerjaannya sebagai studi dan penerapan pembuatan perangkat cerdas, khususnya perangkat lunak yang dapat berpikir sendiri. Tantangan yang terkait namun berbeda adalah penggunaan komputer untuk memahami kecerdasan manusia; namun, kecerdasan buatan tidak terbatas pada pendekatan yang dapat diamati secara langsung pada organisme hidup.¹⁰

Namun, beberapa dekade sebelum definisi ini, percakapan mengenai kecerdasan buatan dimulai dengan karya Alan Turing tahun 1950 mengenai "Mesin Komputasi dan Kecerdasan". Dalam penelitiannya ini, Turing, yang juga dikenal sebagai "Bapak Ilmu Komputer", mengajukan pertanyaan berikut: "Bisakah mesin berpikir?". Dari sana Turing kemudian menawarkan tes, yang sekarang dikenal sebagai "Tes Turing", di mana interrogator manusia akan mencoba membedakan antara komputer dan respons teks manusia. Meskipun tes ini telah mengalami banyak pengawasan sejak dipublikasikan, tes ini tetap menjadi bagian penting dari sejarah AI.¹¹

Salah satu buku teks AI terkemuka adalah "Kecerdasan Buatan: Pendekatan Modern" karya Stuart Russell dan Peter Norvig. Dalam buku tersebut, mereka menyelidiki empat potensi tujuan atau definisi dari AI yang membedakan sistem komputer. Potensi tersebut antar lain adalah

⁷ Witte, Robert, dkk. "Concepts in Light Microscopy of Viruses." *Viruses* 10.4 (2018): 202.

⁸ Haddad, Tariq Sami, dkk. "Tutorial: Methods For Three-Dimensional Visualization of Archival Tissue Material." *Nature Protocols* 16.11 (2021): 4945-4962.

⁹ Dean, Kevin M., dkk. "Isotropic Imaging Across Spatial Scales with Axially Swept Light-Sheet Microscopy." *Nature protocols* 17.9 (2022): 2025-2053.

¹⁰ Noviani, Dini, dkk. "Pengaruh Streaming Musik terhadap Industri Musik di Indonesia." *Jurnal Bisnis Strategi* 29.1 (2020): 14-25.

¹¹ Fjelland, Ragnar. "Why General Artificial Intelligence Will Not Be Realized." *Humanities and Social Sciences Communications* 7.1 (2020): 1-9.

sistem yang berpikir seperti manusia, sistem yang bertindak seperti manusia, sistem yang berpikir rasional, dan sistem yang bertindak secara rasional.¹²

Sebuah teknologi yang meniru perilaku manusia, seperti yang dijelaskan oleh Alan Turing, akan memenuhi kriteria ini. Ilmu komputer dan kumpulan data besar bersatu dalam kecerdasan buatan, memungkinkan pemecahan masalah. Sistem pakar, aplikasi awal AI yang berhasil, bertujuan untuk meniru proses pengambilan keputusan manusia. Pada masa-masa awal pembuatannya, mengekstraksi dan mengkodifikasi pengetahuan manusia memakan waktu.¹³

AI pada saat ini mencakup sub-bidang Machine Learning dan pembelajaran mendalam, yang sering disebutkan bersama dengan kecerdasan buatan. Disiplin ini terdiri dari algoritma AI yang biasanya membuat prediksi atau klasifikasi berdasarkan data input. Machine Learning telah meningkatkan kualitas beberapa sistem pakar, dan mempermudah pembuatannya.¹⁴

Saat ini, AI memainkan peran yang seringkali tidak terlihat dalam kehidupan sehari-hari, menggerakkan mesin telusur, rekomendasi produk, dan sistem pengenalan suara. Ada banyak hype tentang pengembangan AI, yang diharapkan dari setiap teknologi baru. Sebagaimana dicatat dalam siklus hype Gartner, inovasi produk seperti mobil self-driving dan asisten pribadi mengikuti "kemajuan inovasi yang khas, dari antusiasme yang berlebihan melalui periode kekecewaan hingga akhirnya memahami relevansi dan peran inovasi dalam pasar atau domain".¹⁵

B. Machine Learning

Machine learning, sub-bidang dari AI dan ilmu komputer, berkaitan dengan pengembangan sistem cerdas dengan kemampuan untuk belajar dan meningkatkan kinerjanya dengan cara yang serupa dengan pembelajaran manusia. Arthur Samuel secara luas dianggap sebagai orang yang pertama kali menggunakan frasa "machine learning" untuk menggambarkan penyelidikannya terhadap komputer yang bermain catur. Pada tahun 1962, master catur yang memproklamirkan diri Bernama Robert Nealey dikalahkan oleh komputer yang menggunakan software 7094 IBM. Meskipun keberhasilan awal dalam pembelajaran mesin mungkin tampak kecil jika dibandingkan dengan kemampuannya saat ini, namun kemenangan tersebut mewakili kemajuan signifikan dalam AI.¹⁶

¹² Sundaram, Suneha, dkk. "Artificial Intelligence in Inflammatory Bowel Disease Endoscopy: Current Landscape dan the Road Ahead." *Therapeutic Advances in Gastrointestinal Endoscopy* 14 (2021).

¹³ Ansari, Legha, dkk. "Doped-Carbon Dots: Recent Advances in Their Biosensing, Bioimaging and Therapy Applications." *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 203 (2021): 111743.

¹⁴ Fluke, Christopher J., dan Colin Jacobs. "Surveying the Reach and Maturity of Machine Learning and Artificial Intelligence in Astronomy." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* 10.2 (2020): e1349.

¹⁵ Cows, Josh, dkk. "The AI Gambit: Leveraging Artificial Intelligence to Combat Climate Change—Opportunities, Challenges, and Recommendations." *Ai & Society* (2021): 1-25.

¹⁶ Meier, Jens M., dan Thomas Tschoellitsch. "Artificial Intelligence and Machine Learning in Patient Blood Management: A Scoping Review." *Anesthesia & Analgesia* 135.3 (2022): 524-531.

Beberapa teknologi machine learning yang mutakhir, seperti rekomendasi film dari Netflix dan mobil self-driving, berhasil diwujudkan karena adanya terobosan terbaru dalam kapasitas penyimpanan data dan kemampuan pemrosesan.¹⁷

Machine learning menjadi semakin penting dalam bidang ilmu data yang berkembang. Dalam proyek penambangan data, teknik statistik digunakan untuk mengajari mesin cara mengklasifikasikan data, menghasilkan prediksi, dan menemukan pola tersembunyi. Penemuan ini dapat memberikan informasi kepada aplikasi dan keputusan komersial, yang idealnya berdampak pada indikator pertumbuhan yang vital. Saat bidang analitik big data sudah berkembang dengan sebaik-baiknya, maka semakin banyak bisnis akan membutuhkan keahlian ilmuwan data. Mereka akan ditugaskan untuk menentukan data apa yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah bisnis yang mendesak.¹⁸

Karena deep learning dan machine learning cenderung digunakan secara bergantian, perlu diperhatikan perbedaan di antara keduanya. Machine Learning, Deep Learning, dan Neural Networks semuanya adalah sub-bidang kecerdasan buatan. Namun, neural networks sebenarnya adalah sub-bidang machine learning, dan deep learning adalah sub-bidang neural networks.¹⁹

Proses pembelajaran adalah tempat dimana deep learning dan machine learning berbeda. Kumpulan data berlabel, juga dikenal sebagai supervised learning, dapat digunakan untuk menginformasikan algoritme yang digunakan dalam “deep” machine learning, walau pada umumnya tidak diperlukan. Sebaliknya, deep learning mampu mengambil data mentah dan tidak terstruktur (seperti teks atau foto) dan secara otomatis menentukan kumpulan fitur yang membedakan berbagai jenis data. Dengan keterampilan ini, maka jumlah waktu yang dihabiskan untuk proses manual dapat dikurangi, sehingga kemudian dapat memberikan kesempatan untuk bekerja dengan kumpulan data yang lebih ekstensif.²⁰

Machine learning klasik, atau “tidak mendalam”, lebih bergantung pada intervensi manusia untuk dapat belajar. Spesialis dan pakar manusia membangun rangkaian fitur untuk memahami variasi dalam data yang diinput, karena biasanya memerlukan informasi yang lebih terstruktur untuk dapat dianalisis.²¹

¹⁷ Batmaz, Zeynep, dkk. "A Review on Deep Learning for Recommender Systems: Challenges and Remedies." *Artificial Intelligence Review* 52.1 (2019): 1-37.

¹⁸ Fedushko, Solomia, Taras Ustyianovych, dan Michal Gregus. "Real-Time High-Load Infrastructure Transaction Status Output Prediction using Operational Intelligence and Big Data Technologies." *Electronics* 9.4 (2020): 668.

¹⁹ Yuan, Hao, dkk. "Explainability in Graph Neural Networks: A Taxonomic Survey." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (2022).

²⁰ Lopez-Martin, Manuel, Belen Carro, dan Antonio Sanchez-Esguevillas. "Application of Deep Reinforcement Learning to Intrusion Detection for Supervised Problems." *Expert Systems with Applications* 141 (2020): 112963.

²¹ Arrieta, Alejandro Barredo, dkk. "Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI." *Information fusion* 58 (2020): 82-115.

Artificial Neural Networks (ANN) atau jaringan syaraf tiruan (JST) terdiri dari lapisan simpul yang menampilkan lapisan input, satu atau lebih lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Setiap neuron buatan, atau node, terhubung satu sama lain dan menampilkan bobot dan ambang batasnya sendiri. Aktivasi node terjadi ketika output dari sebuah node lebih besar dari ambang batas yang telah ditentukan, di mana node mulai berkomunikasi dengan lapisan jaringan tingkat berikutnya yang lebih tinggi. Dan jika tidak, node tersebut tidak akan mengirimkan informasi apa pun ke jaringan tingkat yang lebih tinggi. Istilah "deep" dalam deep learning digunakan untuk menggambarkan sejumlah besar "lapisan" yang saling berhubungan dalam neural networks. Ketika neural networks memiliki lebih dari tiga lapisan (menghitung input dan output), maka jaringan tersebut disebut deep neural networks atau menggunakan deep learning technique. Itu tidak dianggap sebagai "jaringan saraf" kecuali memiliki setidaknya tiga lapisan.²²

Deep learning dan neural networks sering kali diasosiasikan dengan mempercepat kemajuan di berbagai bidang seperti visi komputer, pemrosesan bahasa alami, dan pengenalan suara.

Pada umumnya sistem pembelajaran algoritma machine learning dapat dibagi menjadi tiga bagian utama.

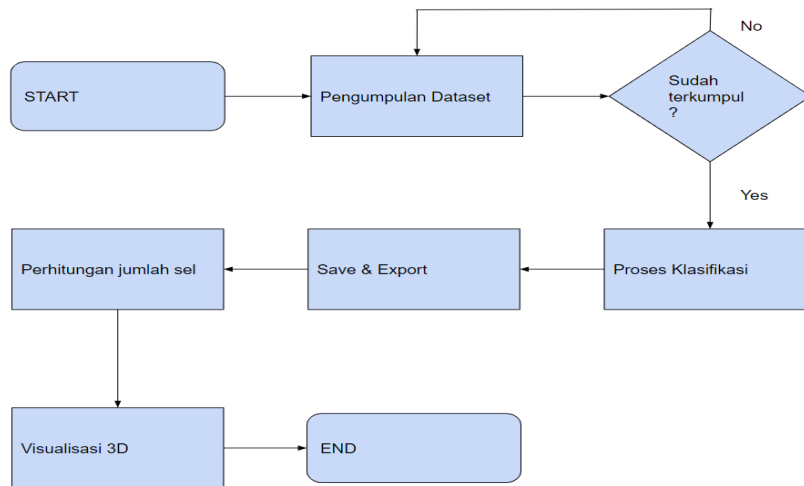
- a) A decision process: Secara umum, algoritma machine learning digunakan untuk membuat prediksi atau klasifikasi. Berdasarkan beberapa data yang dimasukkan, yang dapat diberi label atau tidak diberi label, algoritme akan menghasilkan perkiraan tentang suatu pola yang berada didalam data.
- b) An error fuction: Error fuction pada umumnya akan melakukan evaluasi terhadap prediksi model. Error function dapat mengevaluasi kinerja model berdasarkan kesesuaiannya dengan data jika tersedia contoh yang memadai.
- c) A model optimization process: Menyesuaikan bobot dapat membantu model agar lebih sesuai dengan set pelatihan dengan mengurangi perbedaan antara dua set data. Algoritme akan terus berputar melalui proses "evaluasi dan optimalkan" ini, memperbarui bobot secara independen setiap kali, hingga tingkat akurasi yang telah ditentukan dapat terpenuhi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Penelitian ini akan melihat mengenai bagaimana bioimaging dilakukan dengan menggunakan bantuan

²² Moya-Rico, J. D., dkk. "Characterization of a Triple Concentric-Tube Heat Exchanger with Corrugated Tubes using Artificial Neural Networks (ANN)." *Applied Thermal Engineering* 147 (2019): 1036-1046.

machine learning. Data yang digunakan di dalam penelitian ini berasal dari hasil penelitian-penelitian dan studi-studi terdahulu yang masih memiliki adanya relevansi dengan penelitian ini. Data penelitian yang berhasil dikumpulkan akan diolah oleh peneliti, agar kemudian hasil dari penelitian ini dapat ditemukan. Di bawah ini merupakan flowchart bagaimana proses bioimaging dapat dilakukan dengan adanya bantuan machine learning.



Gambar 1. Flowchart Bioimaging dengan Machine Learning

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bawah ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai berbagai peralatan atau aplikasi dalam melakukan bioimaging dengan menggunakan learning machine. Selain itu, akan dijelaskan juga fungsi-fungsi yang dapat digunakan di dalam aplikasi tersebut.

Tabel 1. State of the Art Aplikasi Bioimaging

Title	Tools	Function
Ilastik: Interactive learning and segmentation toolkit	Ilastik	Fungsi secara umum, menjelaskan mengenai tools secara umum, tidak rinci.
Ilastik: interactive machine learning for (bio)image analysis	Ilastik	Fungsi spesifik dengan contoh Bioimaging, dijelaskan secara rinci.
Automatic cell counting with ImageJ	ImageJFiji	Fungsi untuk membantu menghitung berapa banyak sel yang ada pada Bioimaging.

ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data	ImageJFiji	Fungsi untuk membahas secara umum mengenai tools ImageJ
An open-source VAA3D plugin for real-time 3D visualization of terabyte-sized volumetric images	Vaa3D	Fungsi plugin tambahan untuk Vaa3D yang dapat membantu untuk zoom dan setting volume pada objek gambar.
Extensible visualization and analysis for multidimensional images using Vaa3D	Vaa3D	Fungsi secara umum dari image yang dapat divisualisasikan secara 3D.

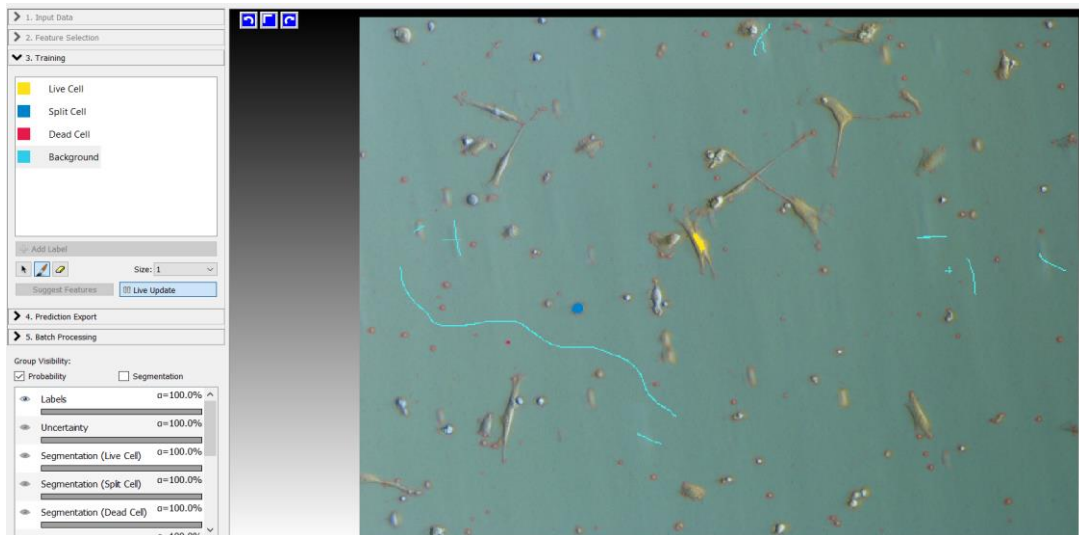
A. Machine Learning pada Ilastik

Ilastik merupakan suatu software komputer yang cukup sederhana dan ramah bagi pengguna untuk dapat melakukan kalsifikasi, segmentasi dan juga analissi gambar yang interaktif. Software ini dibuat sebagai suatu kerangka kerja software modular yang memiliki alur kerja untuk dapat melakukan otomatisasi pada level klasifikasi pixel dan objek dengan sedikit pengawasan, pelacakan objek otomatis dan semi-otomatis, segmentasi semi-otomatis, dan penghitungan objek tanpa deteksi. Sebagian besar proses operasi analisis ini dapat dilakukan dengan mudah, hingga kemudian memungkinkan untuk dilakukannya pemrosesan subvolume data interaktif yang ditargetkan, kemudian diikuti oleh analisis volume yang lengkap dalam mode offline. Untuk dapat menggunakan aplikasi Ilastik tidak memerlukan adanya kemampuan atau pengalaman dalam melakukan pemrosesan gambar.²³

Dalam proses pengerjaannya, data yang akan digunakan harus dilengkapi terlebih dahulu. Kemudian setelah data tersebut lengkap, maka selanjutnya adalah melakukan plotting pada gambar yang ingin diteliti. Hasil gambar tersebut kemudian perlu untuk di save dan di ubah menjadi ekstensi yang didukung oleh aplikasi lainnya. Hasil gambar yang telah disimpan dan diubah ekstensinya ini kemudian dapat divisualisasikan dengan tools lain, sehingga kemudian dapat menampilkan yang ingin diteliti lebih dalam.

²³ Allenby, Mark C., dan Maria A. Woodruff. "Image Analyses for Engineering Advanced Tissue Biomanufacturing Processes." *Biomaterials* 284 (2022): 121514.

Artificial Intelligence yang berupa Machine Learning disini yaitu berupa Classification, yang dimaksud adalah pengguna akan memplot atau menandai bagian sel dari satu gambar keseluruhan Bioimaging. Setelah proses menandai ini selesai dilaksanakan, maka gambar selanjutnya akan otomatis tergambar sesuai dengan plot atau penanda sebelumnya. Berikut contoh dari Machine Learning yang menggunakan Classification:



Gambar 2. Machine Learning Pada Ilastik

B. Perhitungan jumlah sel pada ImageJ

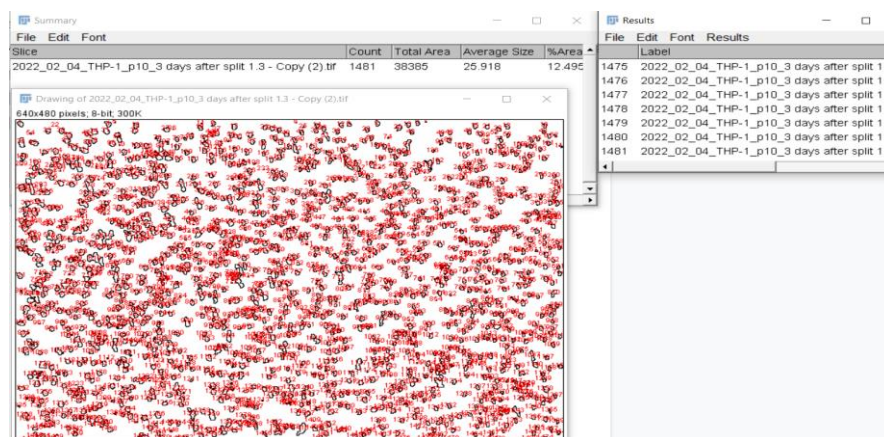
ImageJ adalah program pemrosesan gambar berbasis Java yang dikembangkan di National Institutes of Health dan Laboratory for Optical and Computational Instrumentation (LOCI, University of Wisconsin). Versi pertamanya, ImageJ 1.x, dikembangkan dalam domain publik, sementara ImageJ2 dan proyek terkait SciJava, ImgLib2, dan SCIFIO dilisensikan dengan lisensi BSD-2 yang permisif. ImageJ dirancang dengan arsitektur terbuka yang menyediakan ekstensibilitas melalui plugin Java dan makro yang dapat direkam. Plugin akuisisi, analisis, dan pemrosesan khusus dapat dikembangkan menggunakan editor bawaan ImageJ dan kompilator Java. User-written plugin memungkinkan untuk memecahkan banyak masalah dalam pemrosesan gambar dan analisis, mulai dari pencitraan sel hidup tiga dimensi hingga pemrosesan gambar radiologis, perbandingan data sistem pencitraan ganda hingga sistem hematologi otomatis. Arsitektur yang berada di dalam plugin ImageJ telah menjadikannya platform populer untuk mengajarkan pemrosesan gambar.²⁴

²⁴ Dobson, Ellen TA, dkk. "ImageJ and CellProfiler: Complements in Open-Source Bioimage Analysis." *Current Protocols* 1.5 (2021): e89.

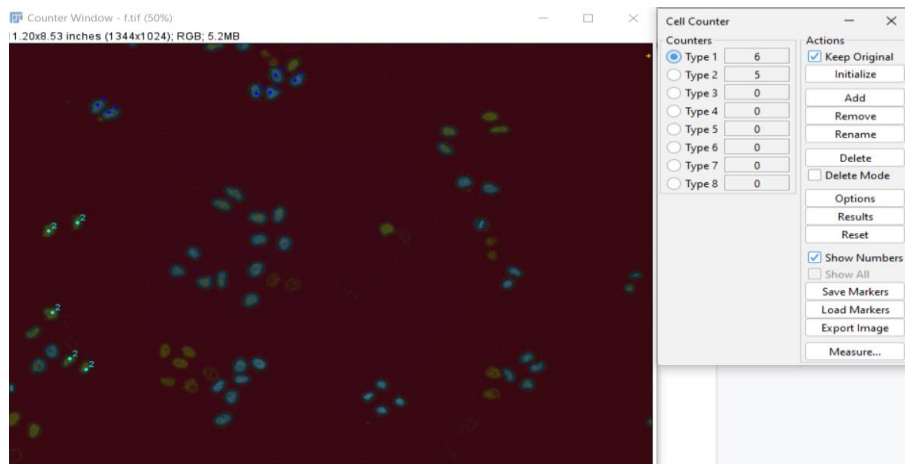
ImageJ dapat dijalankan sebagai applet online, aplikasi yang dapat diunduh, atau di komputer mana pun selama mesin tersebut telah terinstal dengan mesin virtual Java 5 atau yang lebih baru. Distribusi yang dapat diunduh tersedia untuk Microsoft Windows, Mac OS klasik, macOS, Linux, dan Sharp Zaurus PDA. Kode sumber untuk ImageJ tersedia secara bebas dari situs web.

ImageJ dapat menampilkan, mengedit, menganalisis, memproses, menyimpan, dan mencetak 8-bit color and grayscale, 16-bit integer, dan 32-bit floating point images. Program ini dapat membaca banyak format file gambar, termasuk TIFF, PNG, GIF, JPEG, BMP, DICOM, dan FITS, serta format mentah. ImageJ mendukung tumpukan gambar, serangkaian gambar yang berbagi satu jendela, dan multithreaded, sehingga operasi yang memakan waktu dapat dilakukan secara paralel pada perangkat keras yang telah memiliki multi-CPU. Selain fungsi pemrosesan gambar standar seperti operasi logis dan aritmatika antara gambar, manipulasi kontras, konvolusi, analisis Fourier, penajaman, penyelarasan, deteksi tepi, dan pemfilteran median, ImageJ juga memungkinkan untuk perhitungan statistik nilai area dan piksel dari pilihan yang ditentukan pengguna dan ambang batas intensitas objek, pengukuran jarak dan sudut, pembuatan histogram kerapatan dan plot profil garis, dan banyak lagi. Perangkat lunak ini memungkinkan beberapa foto diproses secara bersamaan. Namun sayangnya jumlahnya masih terkendala dengan jumlah RAM yang tersedia.

Jumlah sel yang berada di dalam hasil visualiasi dari aplikasi Ilasik dapat dihitung melalui aplikasi ImageJ. dalam pelaksanaannya, penghitungan ini dapat dilakukan dengan manual ataupun menggunakan hardware yang sifatnya kompleks dan khusus. Kemudian aplikasi atau tools ini dapat dilaksanakan, baik secara otomatis ataupun manual. Di bawah ini merupakan proses penghitngan jumlah sel menggunakan tools ImageJ dari hasil visualiasi gambar machine learning yang dilakukan oleh tools Ilastik.



Gambar 3. Proses Perhitungan Jumlah Sel Menggunakan ImageJ

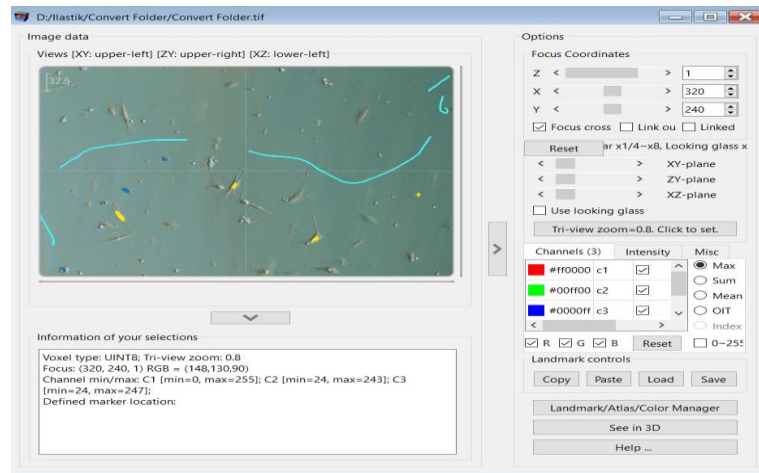


Gambar 4. Proses Perhitungan Jumlah Sel Menggunakan ImageJ

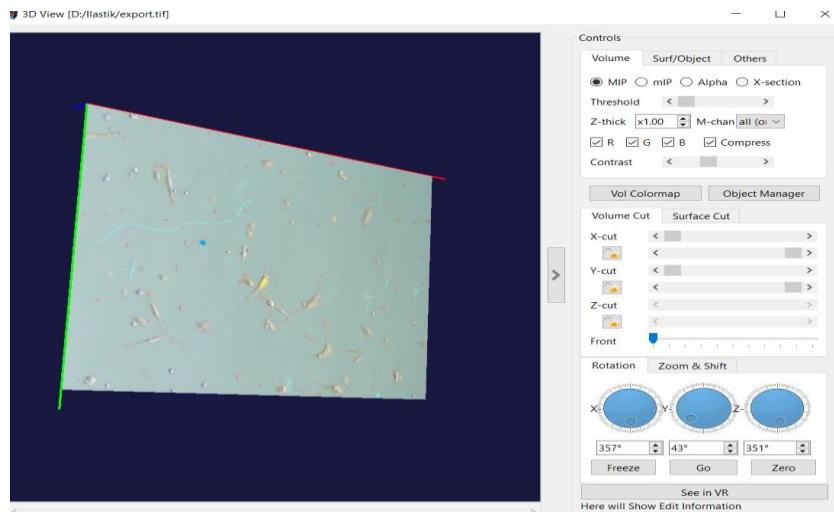
C. Visualisasi Bioimaging dengan Vaa3d

Vaa3D merupakan suatu rangkaian perangkat lunak yang dapat berfungsi untuk dapat melakukan visualisasi dan analisis Open Source yang dibuat oleh Hanchuan Peng dan timnya di Janelia Research Campus, HHMI dan Allen Institute for Brain Science. Software ini dapat melakukan perenderan 3D, 4D, dan 5D serta analisis kumpulan data gambar yang sangat besar, terutama yang dihasilkan menggunakan berbagai metode mikroskop modern, dan objek permukaan 3D terkait. Software ini telah digunakan di beberapa inisiatif ilmu saraf yang besar dan sejumlah aplikasi di domain lainnya. Dalam artikel review “Nature Methods” baru-baru ini, software telah dipandang sebagai salah satu rangkaian perangkat lunak yang open-source dan terkemuka di bidang penelitian terkait. Selain itu, penelitian yang menggunakan perangkat lunak ini dianugerahi Penghargaan Cozzarelli 2012 dari National Academy of Sciences.²⁵

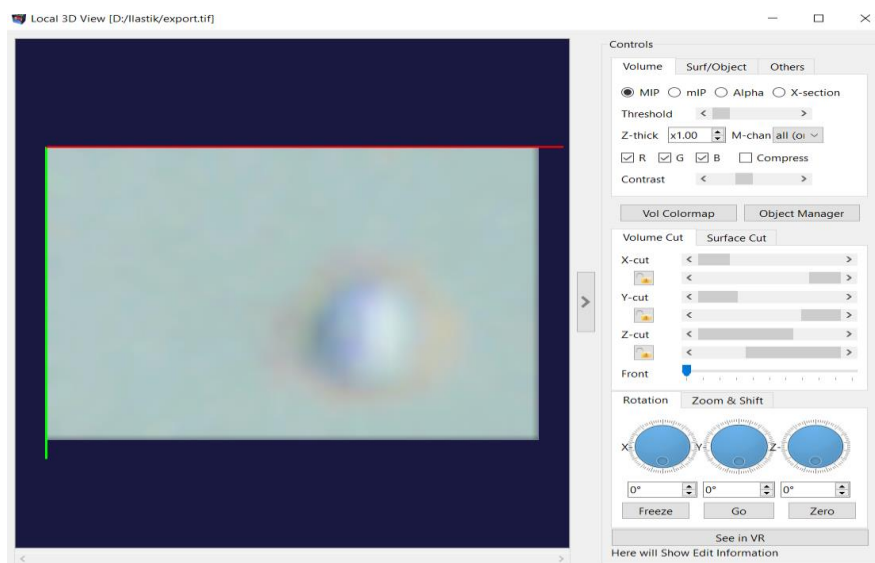
²⁵ Wang, Yimin, dkk. "TeraVR Empowers Precise Reconstruction of Complete 3-D Neuronal Morphology in the Whole Brain." *Nature Communications* 10.1 (2019): 1-9.



Gambar 5. Proses Visualisasi Bioimaging Dengan Tools Vaa3d



Gambar 6. Proses Visualisasi Bioimaging Dengan Tools Vaa3d



Gambar 7. Proses Visualisasi Bioimaging Dengan Tools Vaa3d

Hasil visualisasi dari gambar yang telah dibuat oleh tools Ilastik memperlihatkan adanya 3 jenis sel yang berbeda. Ketiga sel tersebut antara lain adalah sel yang hidup, sel yang mati dan juga sel yang sedang dalam proses untuk membelah diri. Berikut proses visualisasi bioimaging yang dilakukan dengan tools Vaa3d.

KESIMPULAN

Bioimaging adalah sebuah gambar dari sel atau lebih tepatnya mikro sel, sel yang saat ini yang dibaca oleh mikroskop atau alat lainnya yang bisa membaca sel. Bioimaging juga dapat dianalisa secara visual atau secara 2D saja, bergantung dari pihak dokter yang ingin membaca, kemudian dari gambar itu sendiri juga dapat menggunakan machine learning yang dapat membantu untuk memplot atau menandakan sebuah sel pada Bioimaging, jika sudah ada sel yang diplot, maka untuk selanjutnya adalah sel-sel yang memiliki kemiripan dari plot yang ditandai sebelumnya akan otomatis ditandai pula oleh machine learning. Kemudian dokter sel mungkin saja ingin mengetahui jumlah sel yang ada pada Bioimaging, hal itu dapat dilakukan dengan cara yaitu jika dia hanya berisi satu sel, maka dapat dijalankan secara otomatis, tapi untuk 2 atau lebih sel yang berbeda, maka yang dilakukan yaitu memploting secara manual dengan gambar Bioimaging yang sudah di ploting menggunakan machine learning sebelumnya. Penelitian ini sangat bergantung pada dataset, karena itu hasil yang didapat akan bervariasi, tergantung pada datasetnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Allenby, Mark C., dan Maria A. Woodruff. "Image Analyses for Engineering Advanced Tissue Biomanufacturing Processes." *Biomaterials* 284 (2022): 121514.
- Ansari, Legha, dkk. "Doped-Carbon Dots: Recent Advances in Their Biosensing, Bioimaging and Therapy Applications." *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 203 (2021): 111743.
- Arrieta, Alejandro Barredo, dkk. "Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI." *Information fusion* 58 (2020): 82-115.
- Batmaz, Zeynep, dkk. "A Review on Deep Learning for Recommender Systems: Challenges and Remedies." *Artificial Intelligence Review* 52.1 (2019): 1-37.
- Chuang, Szufang, dan Carroll Marion Graham. "Embracing the Sobering Reality of Technological Influences on Jobs, Employment and Human Resource Development: A Systematic Literature Review." *European Journal of Training and Development* (2018).
- Cowls, Josh, dkk. "The AI Gambit: Leveraging Artificial Intelligence to Combat Climate Change—Opportunities, Challenges, and Recommendations." *Ai & Society* (2021): 1-25.
- Dean, Kevin M., dkk. "Isotropic Imaging Across Spatial Scales with Axially Swept Light-Sheet

- Microscopy." *Nature protocols* 17.9 (2022): 2025-2053.
- Djorgbenoo, Richmond, dkk. "Amphiphilic Phospholipid-Iodinated Polymer Conjugates for Bioimaging." *Biomaterials Science* 9.14 (2021): 5045-5056.
- Dobson, Ellen TA, dkk. "ImageJ and CellProfiler: Complements in Open-Source Bioimage Analysis." *Current Protocols* 1.5 (2021): e89.
- Fedushko, Solomia, Taras Ustyianovych, dan Michal Gregus. "Real-Time High-Load Infrastructure Transaction Status Output Prediction using Operational Intelligence and Big Data Technologies." *Electronics* 9.4 (2020): 668.
- Fjelland, Ragnar. "Why General Artificial Intelligence Will Not Be Realized." *Humanities and Social Sciences Communications* 7.1 (2020): 1-9.
- Fluke, Christopher J., dan Colin Jacobs. "Surveying the Reach and Maturity of Machine Learning and Artificial Intelligence in Astronomy." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* 10.2 (2020): e1349.
- Haddad, Tariq Sami, dkk. "Tutorial: Methods For Three-Dimensional Visualization of Archival Tissue Material." *Nature Protocols* 16.11 (2021): 4945-4962.
- Krishnapriya, T. K., M. K. Jayaraj, dan A. S. Asha. "Luminescent Nanoparticles for Bio-Imaging Application." *Nanomaterials for Sensing and Optoelectronic Applications*. Elsevier, 2022. 107-128.
- Lopez-Martin, Manuel, Belen Carro, dan Antonio Sanchez-Esguevillas. "Application of Deep Reinforcement Learning to Intrusion Detection for Supervised Problems." *Expert Systems with Applications* 141 (2020): 112963.
- Meier, Jens M., dan Thomas Tschoellitsch. "Artificial Intelligence and Machine Learning in Patient Blood Management: A Scoping Review." *Anesthesia & Analgesia* 135.3 (2022): 524-531.
- Moya-Rico, J. D., dkk. "Characterization of a Triple Concentric-Tube Heat Exchanger with Corrugated Tubes using Artificial Neural Networks (ANN)." *Applied Thermal Engineering* 147 (2019): 1036-1046.
- Neurohr, Gabriel E., dan Angelika Amon. "Relevance and Regulation of Cell Density." *Trends in Cell Biology* 30.3 (2020): 213-225.
- Noviani, Dini, dkk. "Pengaruh Streaming Musik terhadap Industri Musik di Indonesia." *Jurnal Bisnis Strategi* 29.1 (2020): 14-25.
- Qian, Jun, dkk. "High Contrast 3-D Optical Bioimaging using Molecular and Nanoprobes Optically Responsive to IR Light." *Physics Reports* 962 (2022): 1-107.
- Sundaram, Suneha, dkk. "Artificial Intelligence in Inflammatory Bowel Disease Endoscopy: Current Landscape and the Road Ahead." *Therapeutic Advances in Gastrointestinal Endoscopy* 14 (2021): 26317745211017809.
- Wang, Yimin, dkk. "TeraVR Empowers Precise Reconstruction of Complete 3-D Neuronal Morphology in the Whole Brain." *Nature Communications* 10.1 (2019): 1-9.
- Witte, Robert, dkk. "Concepts in Light Microscopy of Viruses." *Viruses* 10.4 (2018): 202.
- Yuan, Hao, dkk. "Explainability in Graph Neural Networks: A Taxonomic Survey." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (2022).