

APLIKASI PEMBELAJARAN ALGORITMA *BOUNDARY 4-CONNECTED* DALAM IDENTIFIKASI JUMLAH SEL PADA CITRA SEL DARAH MERAH

*Ali Akbar Lubis*¹, *Agnes Irene Silitonga*², *Adi Widarma*³

^{1,2,3} Universitas Negeri Medan

¹Email Penulis: ali.akbarlubis@gmail.com

Abstrak: Perkembangan teknologi yang semakin berkembang pesat, maka mengharuskan sistem Pendidikan juga dapat menyesuaikan dengan perkembangan teknologi tersebut. Salah satu pemanfaatan teknologi informasi dalam bidang pendidikan adalah media pembelajaran atau aplikasi pembelajaran. Aplikasi pembelajaran adalah suatu media pembelajaran dengan metode belajar yang memudahkan proses belajar, tidak membuat bosan dan sulit. Aplikasi pembelajaran dapat dibangun untuk memudahkan proses pembelajaran algoritma. Karena prosesnya yang kompleks dan membutuhkan waktu untuk memahami langkah-langkahnya. Penelitian ini bertujuan untuk membangun aplikasi pembelajaran algoritma *Boundary 4-Connected* dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah. Algoritma *Boundary 4-connected* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan region atau objek dalam citra digital. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi pembelajaran algoritma *Boundary 4-Connected* dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah sudah layak untuk digunakan dan dapat dijadikan sebagai alternatif media pembelajaran untuk memahami cara kerja algoritma *Boundary 4-Connected* dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah

Kata Kunci: *Boundary 4-Connected*, aplikasi pembelajaran, citra, sel darah

Abstract: The rapid development of technology requires the education system to be able to adapt to the development of this technology. One of the uses of information technology in the field of education is learning media or learning applications. Learning applications are learning media with learning methods that facilitate the learning process, do not make it boring and difficult. Learning applications can be built to facilitate the process of learning algorithms. Because the process is complex and takes time to understand the steps. This study aims to build a learning application for the *Boundary 4-Connected* algorithm in identifying the number of cells in red blood cell images. The *Boundary 4-connected* algorithm is a method that can be used to classify regions or objects in digital images. The results of this study are that the *Boundary 4-Connected* algorithm learning application in identifying the number of cells in red blood cell images is suitable for use and can be used as an alternative learning media to understand how the *Boundary 4-Connected* algorithm works in identifying the number of cells in red blood cell images.

Keywords: *Boundary 4-Connected*, Learning application, image, blood cells

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah kegiatan belajar dan pengetahuan yang dilakukan dengan sengaja, cermat, terencana dan diwariskan secara turun-temurun melalui pengajaran dan juga usaha sadar yang mengakibatkan manusia dari tidak tahu menjadi tahu. Perkembangan teknologi yang semakin berkembang pesat, maka mengharuskan sistem Pendidikan juga dapat menyesuaikan dengan perkembangan teknologi tersebut. Sehingga dibutuhkan pembaharuan agar sistem Pendidikan lebih maju dan bermutu. Salah satu pemanfaatan teknologi informasi dalam bidang pendidikan adalah media pembelajaran atau aplikasi pembelajaran. Aplikasi pembelajaran adalah suatu media pembelajaran dengan metode belajar yang memudahkan proses belajar, tidak

membuat bosan dan sulit. Aplikasi pembelajaran bukan lagi sebuah pembelajaran hal baru pada tren saat ini. meskipun tentu masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan.

Dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran perlu adanya pemahaman berupa materi maupun praktikum yang disiapkan dengan baik dan cermat, sehingga kehadiran aplikasi pembelajaran ini seharusnya tidak dianggap sebagai pengganti proses belajar yang umumnya berjalan, tetapi dapat dijadikan sebagai media pembelajaran pendukung untuk mendapatkan pembelajaran yang terstruktur. Karena Aplikasi pembelajaran adalah suatu media pembelajaran disajikan secara terstruktur untuk memudahkan proses belajar. Dengan

menciptakan sebuah teknologi aplikasi pembelajaran dapat memberikan perkembangan yang signifikan yang sangat dibutuhkan pendidikan saat ini, sebagai landasan untuk memberikan sebuah citra baru dalam dunia pendidikan.

Aplikasi pembelajaran yang dibangun untuk memudahkan proses pembelajaran algoritma Boundary 4-connected dalam mengenali jumlah sel pada citra sel darah merah. Pada umumnya sebuah gambar sel darah merah biasanya terdiri dari beberapa sel darah. Sehingga butuh sebuah cara untuk dapat menghitung jumlah sel tersebut, agar dapat dilakukan proses analisis data untuk mendeteksi penyakit pada sebuah citra sel darah merah. Pada tahun 2013, Mushabe mengusulkan algoritma klasifikasi morfologi dan statistik untuk mendeteksi malaria serta perhitungan jumlah sel darah merah dan parasit.

Operasi Morfologi yang digunakan pada penelitian ini adalah erosi, dilasi. Morfologi juga cukup baik untuk memisahkan sel – sel darah merah yang bertumpuk. Operasi Morfologi akan dikombinasikan dengan Boundary 4-Connected. Metode yang digunakan pada boundary adalah boundary extraction dimana prosesnya digunakan untuk mendapatkan batas tepi (boundary) objek, pertama kali melakukan proses erosi dengan strel yang telah ditentukan yang kemudian hasilnya dikurangi dengan image asal (Kusban, 2011). 4-Connected digunakan untuk proses perhitungan objek (Yudhistiro, 2017), yang digunakan sebagai proses perhitungan sel darah. Metode ini juga memperhatikan pixel tetangganya sehingga pixel yang terhubung dengan pixel lainnya akan menjadi objek dan beri label, setiap objek akan di beri label berbeda (Supanji, 2012). Jadi, perbedaan label yang diberi pada pixel – pixel citra tersebut lah yang dihitung sebagai jumlah objek sel darah merah.

Aplikasi Pembelajaran

Aplikasi pembelajaran adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menyampaikan materi pembelajaran dengan memanfaatkan media elektronik. Selain itu, Aplikasi pembelajaran merupakan sarana atau alat bantu pendidikan yang dapat digunakan sebagai perantara dalam proses pembelajaran untuk mempertinggi efektifitas dan efisiensi dalam mencapai tujuan pembelajaran. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa aplikasi

pembelajaran adalah suatu perantara yang digunakan untuk menyampaikan informasi atau pelajaran dengan tujuan agar memicu peserta didik untuk belajar. Sedangkan penggunaan aplikasi pembelajaran merupakan cara yang dilakukan untuk menyampaikan informasi berupa materi pembelajaran. Adanya aplikasi pembelajaran ini diharapkan proses pembelajaran akan lebih mudah bagi peserta didik, karena aplikasi pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan ruang dan waktu dalam belajar, selain itu aplikasi juga dapat memberikan motivasi bagi peserta didik untuk belajar

Sel darah merah

Sel darah merah merupakan komponen penting pada tubuh manusia yang pada keadaan normal selalu berbentuk cekung kedalam, tak berinti dan berfungsi sebagai pembawa oksigen ke seluruh tubuh. Normal tidaknya sel darah merah dapat dilihat dari morfologi sel dalam proses analisis darah untuk pendeteksian penyakit. Salah satu Penyakit yang ditandai dengan perubahan morfologi adalah malaria yaitu penyakit yang disebabkan oleh gigitan nyamuk. Penelitian ini melakukan segmentasi citra sel darah merah untuk membantu proses diagnosa penyakit malaria berdasarkan ciri morfologi bentuk dan ukuran untuk mengatasi kendala tersebut. Penelitian ini menerapkan metode segmentasi menggunakan deteksi tepi boundary dan operasi morfologi untuk memisahkan sel dan untuk diekstraksi cirinya. Ciri sel yang diekstraksi yaitu sel normal dan sel abnormal. (Setiawan, et al., 2014).

Citra

Secara matematis, sebuah citra dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial (plane) dan f adalah nilai intensitas warna pada koordinat x dan y . Nilai f , x dan y semuanya adalah nilai berhingga. Citra digital umumnya dua dimensi (2D) yang dinyatakan dalam bentuk matriks dengan jumlah elemen berhingga. Setiap elemen matriks citra memiliki posisi koordinat x dan y tertentu dan juga memiliki nilai. Secara umum citra digital merupakan representasi pixel-pixel dalam ruang 2D yang dinyatakan dalam matrix berukuran N baris dan M kolom. Setiap elemen matrix citra disebut pixel (picture element atau image element). Pada umumnya citra digital

berbentuk empat persegi panjang dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (Munir, 2004). Citra digital yang tingginya N , lebarnya M dan memiliki L derajat keabuan dapat dianggap sebagai fungsi dapat dilihat pada rumus (1) (Munir, 2004):

$$f(x, y) \begin{cases} 0 \leq x \leq M \\ 0 \leq y \leq N \\ 0 \leq z \leq L \end{cases} \quad (1)$$

Citra digital yang berukuran $N \times M$ lazim dinyatakan dengan matrix yang berukuran N baris dan M kolom.

Algoritma adalah deskripsi langkah-langkah proses dalam menyelesaikan suatu masalah. Sebuah proses dikerjakan oleh pemroses berdasarkan algoritma yang diberikan. Setiap langkah penyelesaian dinyatakan dengan sebuah pernyataan (Statement). Sebuah pernyataan menggambarkan aksi algoritmik yang dieksekusi, bila suatu aksi dieksekusi, maka sejumlah operasi yang bersesuaian dengan aksi itu dikerjakan oleh pemroses. Jika dilihat dalam bentuk tertulis, algoritma dapat berupa narasi yang disusun menjadi kalimat, dapat juga disusun dalam bentuk gambar atau bagan atau tabel. Algoritma dapat dikatakan sebagai langkah-langkah yang diambil dalam menyelesaikan suatu pekerjaan.

Pengolahan Citra Digital

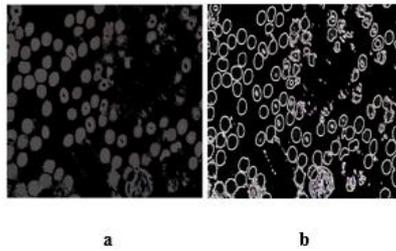
Secara umum, istilah pengolahan citra digital menyatakan “pemrosesan gambar berdimensi dua melalui komputer digital” (Jain, 1989). Menurut Efford (2000), pengolahan citra adalah istilah umum untuk berbagai teknik yang keberadaannya untuk memanipulasi dan memodifikasi citra dengan berbagai cara (Kadir & Susanto, 2013). Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data 2 dimensi. Citra digital merupakan sebuah larik (array) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu (Putra, 2010). Pemrosesan citra dilakukan, dengan maksud mendapatkan kualitas citra yang diinginkan, terdapat berbagai operasi pengolahan citra yang dapat diklasifikasikan dalam berbagai jenis. Operasi-operasi yang dilakukan di dalam pengolahan citra banyak ragamnya.

Morfologi

Morfologi adalah teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan bentuk (shape) sebagai pedoman dalam pengolahan. Nilai dari setiap pixel dalam citra digital hasil diperoleh melalui proses perbandingan antara pixel yang bersesuaian pada citra digital masukan dengan pixel tetangganya. Operasi morfologi bergantung pada urutan kemunculan dari pixel, tidak memperhatikan nilai numeric dari pixel sehingga teknik morfologi sesuai apabila digunakan untuk melakukan pengolahan binary image dan grayscale image (Wirayuda, 2006). Tujuan dari morfologi adalah untuk memperoleh informasi mengenai bentuk dari suatu citra dengan mengatur bentuk dan ukuran suatu elemen penstruktur. Landasan morfologi digital adalah kenyataan bahwa sebuah citra digital mengandung serangkaian pixel-pixel yang membentuk sekumpulan data 2 dimensi. Persamaan matematika tertentu pada serangkaian pixel dapat digunakan untuk meningkatkan aspek dari bentuk dan struktur sehingga dapat lebih mudah dikenali (Setiawan, et al., 2014). Operasi morfologi standar yang dilakukan adalah proses dilasi dan erosi. Dilasi adalah proses penambahan pixel pada batas dari suatu objek pada citra digital, sedangkan erosi adalah proses pemindahan/pengurangan pixel pada batas dari suatu objek, operasi dasar morfologi adalah dilasi dan erosi yang kemudian dikembangkan menjadi opening, closing. Menurut Shih (2009) inti operasi morfologi melibatkan dua larik pixel. Larik pertama berupa citra yang akan dikenai operasi morfologi, sedangkan larik kedua dinamakan kernel atau structuring element (elemen penstruktur).

Boundary 4-Connected

Boundary harus dilakukan pada citra digital dalam proses memecahkan banyak masalah yang terkait dengan analisis objek grafis. Mempertimbangkan dari beberapa permasalahan yang sebenarnya objek terdiri dari satu objek di latar belakang dan objek secara spasial yang bersebelahan, variabel antarkelas akan dapat memisahkan latar belakang (background) dan latar depan (foreground). Boundary dapat dilakukan secara iteratif menyebarkan aliran tepi dan mengidentifikasi objek dari setiap lokasi pixel dan lokasi setiap pixel akan disimpan.



Gambar 1. (a) Citra biner (b) Citra setelah melakukan boundary (Shirazi, et al., 2015)

Algoritma boundary extraction, misalnya A menjadi matrix citra dan B menjadi structuring element. Rumus untuk boundary extraction:

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

Langkah:

1. Konversi gambar menjadi binary image
2. Operasi Erosi: Pengikisan binary image A dengan structuring element B

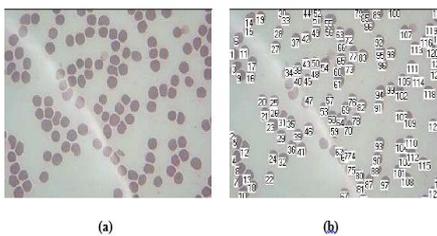
$$(A \ominus B)$$

3. Pengurangan : Kurangi binary image A dari gambar hasil erosi

$$A - (A \ominus B)$$

Secara umum, connected labelling atau penandaan komponen terhubung merupakan teknik yang bisa digunakan untuk mengklasifikasikan region atau objek dalam citra digital yang mempunyai fungsi untuk memberikan label pada area putih citra atau foreground, dengan memperhatikan pixel tetangganya (Supanji, 2012).

Penandaan komponen terhubung dilakukan dengan memeriksa suatu citra dan mengelompokkan setiap pixel ke dalam suatu komponen terhubung menurut aturan keterhubungan (4, 8 atau m-connectivity) (Putra, 2010). Memisahkan dan memberikan tanda pada setiap komponen terhubung maupun tidak terhubung pada suatu citra memegang peranan sentral pada beberapa aplikasi analisis citra secara otomatis.



Gambar 2. (a) Citra awal (b) Citra setelah di labeling (Supanji, 2012)

Algoritma connected component labelling adalah metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan region atau objek dalam citra digital. Algoritma ini menerapkan teori connectivity. Connected component labelling yang digunakan adalah 4-connected. Citra yang dapat diolah dengan menggunakan algoritma connected component labelling ini adalah citra biner (Yudhistiro, 2017). Berikut algoritma connected component labelling (Yudhistiro, 2017).

Langkah 1:

- Cek piksel pada array biner secara berurutan
- Jika piksel bernilai foreground atau 1 maka ambil indeks piksel tersebut
- Cek piksel berikutnya

Langkah 2:

- Buat array baru, misal bernama Temp
- Tambahkan indeks piksel yang diperoleh pada langkah pertama sebagai elemen array Temp.
- Ubah nilai piksel dari 1 ke 0 pada array biner citra (agar tidak terbaca ulang)
- Cek semua 4 tetangga dari piksel yang tersimpan pada array Temp,
- Jika nilai dari piksel tersebut 1 maka tambahkan indeks tetangga tersebut ke array Temp
- Ubah piksel tetangga dan inti ke 0 pada array biner citra
- Bila tidak ditemukan lagi piksel bernilai 1 dari 4 tetangga dari setiap indeks pada array Temp, maka tambahkan atau simpan array Temp ke array Connected Component
- Kembali ke langkah pertama poin ketiga.

Jika sudah tidak ditemukan lagi piksel-piksel tetangga yang terdapat kedekatan secara 4-connected neighbors, maka lakukan proses merging pada matrix mapping. Periksa kembali piksel pada matrix original dengan melakukan scanning piksel – piksel citra foreground, jika tidak ditemukan, maka selesailah labeling dan merging (Iqbal, 2014).

METODE

Dalam pengembangannya metode waterfall memiliki beberapa tahapan yang berurut yaitu *requirement* (analisis kebutuhan), *design system* (desain sistem), *Coding* (pengkodean) & *Testing* (pengujian), Penerapan Program, pemeliharaan. Tahapan tahapan dari metode Waterfall adalah sebagai berikut:

Requirement Analysis

Tahap ini pengembang sistem diperlukan komunikasi yang bertujuan untuk memahami perangkat lunak yang diharapkan oleh pengguna dan batasan perangkat lunak tersebut. Informasi ini biasanya dapat diperoleh melalui wawancara, diskusi atau survei langsung. Informasi dianalisis untuk mendapatkan data yang dibutuhkan oleh pengguna.

System Design

Spesifikasi kebutuhan dari tahap sebelumnya akan dipelajari dalam fase ini dan desain sistem disiapkan. Desain Sistem membantu dalam menentukan perangkat keras (*hardware*) dan sistem persyaratan dan juga membantu dalam mendefinisikan arsitektur sistem secara keseluruhan.

Implementation

Pada tahap ini, sistem pertama kali dikembangkan di program kecil yang disebut unit, yang terintegrasi dalam tahap selanjutnya. Setiap unit dikembangkan dan diuji untuk fungsionalitas yang disebut sebagai unit testing.

Integration & Testing

Seluruh unit yang dikembangkan dalam tahap implementasi diintegrasikan ke dalam sistem setelah pengujian yang dilakukan masing-masing unit. Setelah integrasi seluruh sistem diuji untuk mengecek setiap kegagalan maupun kesalahan.

Operation & Maintenance

Tahap akhir dalam model waterfall. Perangkat lunak yang sudah jadi, dijalankan serta dilakukan pemeliharaan. Pemeliharaan termasuk dalam memperbaiki kesalahan yang tidak ditemukan pada langkah sebelumnya. Perbaikan implementasi unit sistem dan peningkatan jasa sistem sebagai kebutuhan baru.

Untuk dapat mengembangkan aplikasi pembelajaran, maka perlu memahami cara kerja dari proses identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah yang melibatkan algoritma Boundary 4-connected. Alur proses identifikasi jumlah sel tersebut ditunjukkan pada flowchart yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Flowchart Proses Boundary

Proses diawali dengan memberikan masukan berupa citra sel darah merah, kemudian dilakukan konversi citra RGB tersebut menjadi citra biner. Dari citra biner yang dihasilkan dilakukan operasi erosi. Hasil citra erosi dikurangkan dengan citra biner yang sudah didapatkan pada Langkah sebelumnya. Kemudian diterapkan boundary 4-connected untuk menghasilkan citra sel darah merah yang ditandai dengan boundary untuk setiap selnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

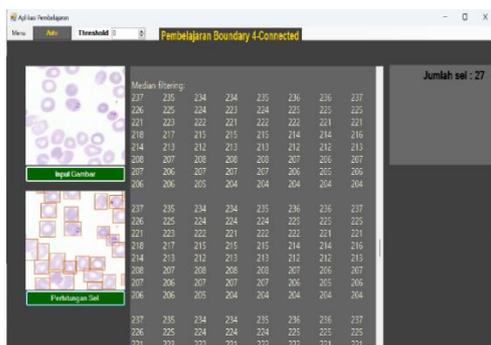
Hasil penelitian yang sudah dibangun ini diharapkan dapat menghasilkan inovasi media pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami implementasi algoritma boundary 4-connected. Sehingga dihasilkan sebuah aplikasi pembelajaran berupa produk aplikasi pembelajaran algoritma boundary 4-connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah.

Aplikasi yang dibangun ini menyediakan 2 fitur yang sudah dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan aplikasi ini, 2 fitur yang dimaksud adalah fitur deteksi penyakit dan fitur pembelajaran. Pada penelitian ini, yang menjadi obyek penelitiannya adalah fitur pembelajaran. Adapun tampilan awal dari aplikasi dapat dilihat pada Gambar. 4 Berikut:



Gambar 4. Tampilan awal aplikasi

Gambar 4. menunjukkan tampilan awal dari aplikasi yang sudah dibangun. Untuk dapat mengakses aplikasi pembelajaran yang dimaksudkan pada penelitian ini, maka pengguna dapat mengakses fitur 'pembelajaran'. Jika pengguna mengakses fitur pembelajaran, maka pengguna akan diarahkan pada tampilan proses pembelajaran. Dimana pada fitur tersebut pengguna akan diminta untuk memilih sebuah citra sebagai masukkan citra sel darah merah yang akan diidentifikasi jumlah sel nya. Proses identifikasi jumlah sel akan berjalan Ketika pengguna menekan tombol boundary. Selain menampilkan gambar hasil boundary, aplikasi juga akan menampilkan proses perhitungan mulai dari citra awal sampai menghasilkan citra yang sudah memiliki boundary. Untuk tampilan fitur pembelajaran dapat dilihat pada Gambar. 5 berikut:



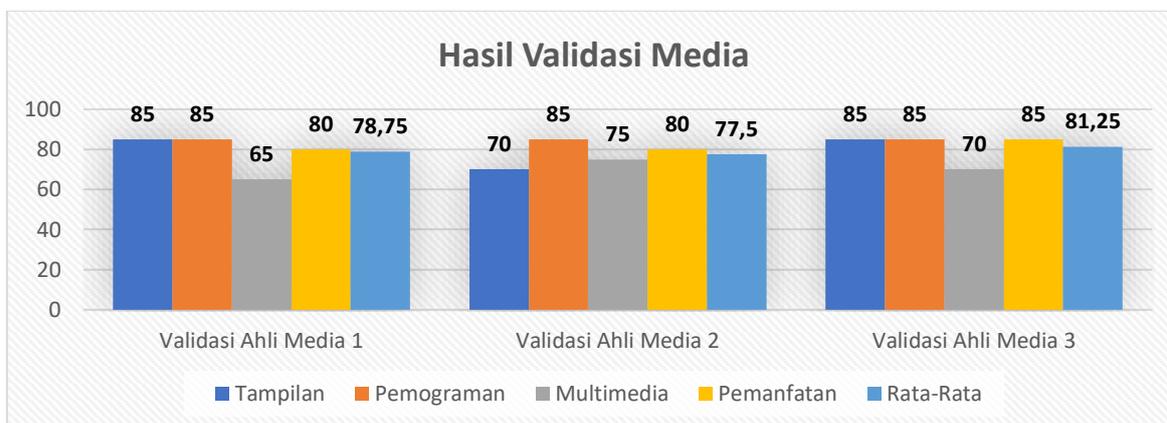
Gambar 5. Tampilan aplikasi pembelajaran

Pada Gambar 5. juga dapat dilihat, hasil identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah yang diinput juga terlihat setelah proses boundary berhasil dilakukan.

Pembahasan

Aplikasi Pembelajaran algoritma boundary 4 conneted dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah yang telah dibangun akan diuji. Pengujian yang dilakukan dengan untuk memvalidasi media pembelajaran yang telah dibangun. Pengujian ini melibatkan para ahli media. Jumlah ahli media yang diminta pendapatnya adalah 3 orang narasumber yang merupakan dosen pada bidang Teknik informatika atau Komputer. Hasil dari proses validasi yang telah dilakukan oleh para ahli disajikan dalam bentuk chart (grafik) seperti yang terlihat pada Gambar. 7. Dari Gambar. 7 dapat terlihat bahwa menurut para ahli didapatkan rata-rata secara keseluruhan didapatkan skor sebesar 79.2. Dengan rincian hasil validasi dari ahli media pertama didapatkan rata-rata sebesar 78.75, dan hasil validasi dari ahli kedua didapatkan rata-rata sebesar 77.5. Serta dari validasid dari ahli media ketiga rata-rata sebesar 81.25. Sehingga dapat disimpulkan menurut ahli media pertama dan kedua menyatakan aplikasi pembelajaran yang dibangun berada pada kategori valid, serta berdasarkan pendapat dari ahli media ketiga menyatakan aplikasi pembelajaran yang telah dibangun dapat dinyatakan berada pada kategori sangat valid. Sehingga secara keseluruhan dapat dinyatakan aplikasi pembelajaran algoritma boundary 4 conneted dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel.

Darah merah yang telah dibangun dapat dikategorikan valid. Dan ketiga ahli validasi media memberikan beberapa saran untuk perbaikan dari aplikasi pembelajaran yang dibangun yaitu tampilan user interface yang perlu ditingkatkan lagi, menunjukkan proses perhitungan secara bertahap untuk mempermudah proses belajar, dan perlu disediakan manual aplikasi untuk memudahkan penggunaan aplikasi. Karena aplikasi pembelajaran yang sudah diuji oleh para ahli dinyatakan valid, maka aplikasi pembelajaran ini sudah layak untuk diuji ke pengguna.



Gambar. 7 Hasil Validasi Media

Pengujian pengguna dilakukan untuk mendapatkan feedback dari pengguna tentang kepuasan pengguna dalam menggunakan aplikasi pembelajaran. Pengguna yang dimaksud pada penelitian ini adalah para peserta didik yang menggunakan aplikasi pembelajaran yang sudah dibangun.

Pengujian kepuasan penggunaan dilaksanakan secara terbatas. Pengujian kepuasan pengguna dilakukan pada kelompok kecil mahasiswa yang berjumlah 10 orang mahasiswa. Setelah mahasiswa menggunakan aplikasi pembelajaran, mahasiswa diminta mengisi angket yang sudah disediakan. Dari hasil pengujian kepuasan pengguna dapat disimpulkan skor rata-rata kepuasan pengguna berada pada kategori baik, dengan skor yang didapatkan adalah 79 %. Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapatkan dapat diartikan bahwa aplikasi pembelajaran yang telah digunakan sudah dapat memuaskan pengguna.

Berdasarkan hasil uji validasi media dan hasil pengujian kepuasan pengguna, dapat disimpulkan bahwa Aplikasi pembelajaran algoritma Boundary 4-Connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah sudah layak dan dapat digunakan oleh pengguna. Ini artinya aplikasi yang dibangun dapat digunakan sebagai sebuah alternatif dalam proses pembelajaran algoritma agar dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih baik.

PENUTUP

Aplikasi pembelajaran algoritma Boundary 4-Connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah telah berhasil dibangun pada penelitian ini. Penelitian ini juga sudah divalidasi dari ahli

media. Dimana hasil validasi yang didapatkan rata-rata secara keseluruhan adalah 8888%. Dimana hasil validasi tersebut menunjukkan bahwa aplikasi yang dibangun berada pada kategori valid. Karena sudah dinyatakan valid berdasarkan hasil validasi dari ahli media. Maka Aplikasi pembelajaran algoritma Boundary 4-Connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah sudah layak untuk digunakan pengguna.

Melalui validasi ahli media ini juga didapatkan saran dan kritikan dari ahli media. Sehingga aplikasi ini masih perlu dilakukan perbaikan dan peningkatan untuk mendapatkan pengalaman belajar yang lebih baik. Saran dan kritikan yang diberikan seputar user interface, proses perhitungan, dan panduan penggunaan aplikasi.

Setelah hasil validasi dinyatakan layak, maka penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengujian kepuasan pengguna. Pengujian kepuasan penggunaan yang telah dilakukan menghasilkan skor rata-rata pada angka 79%. Hasil ini menunjukkan bahwa pengguna yang sudah menggunakan aplikasi tersebut merasa sudah puas dalam menggunakan aplikasi pembelajaran tersebut. Hasil pengujian kepuasan yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa pengguna merasa terbantu dalam mempelajari algoritma Boundary 4-Connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah. Berdasarkan hasil pengujian validasi ahli media dan hasil pengujian kepuasan pengguna, maka dapat disimpulkan bahwa Aplikasi pembelajaran algoritma Boundary 4-Connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah sudah layak untuk digunakan dan dapat dijadikan sebagai alternatif media pembelajaran untuk memahami cara kerja algoritma algoritma

Boundary 4-Connected dalam identifikasi jumlah sel pada citra sel darah merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Sahir Ramdani, M., 2013. Alat Bantu Pembelajaran Mata Kuliah Computer Vision Pada Materi Edge Based Segmentasi Citra Berbasis Multimedia. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika, Volume 1*.
- Adi Pamungkas, K. A. C. A., 2012. Penghitungan Otomatis Jumlah Sel Darah Merah Dan Identifikasi Fase Plasmodium Falciparum Menggunakan Operasi Morfologi. *Berkala Fisika Muda, Volume 1*, pp. 1-8.
- Ambarwati, A., Passarella, R. & Sutarno, 2016. Segmentasi Citra Digital Menggunakan Thresholding. *Annual Research Seminar 2016, Volume 2*, p. 224.
- Hidayatullah, P., 2017. Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasi Nyata. Dalam: Bandung: Informatika Bandung.
- Ihsan, Rahmadwati & Herman, 2016. Klasifikasi dan Identifikasi Jumlah Koloni Pada Citra Bakteri Dengan Metode. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Volume 8*, pp. 72-82.
- Iqbal, A., 2014. Pengolahan Citra, Segmentasi Citra.
- Kadir, A. & Susanto, A., 2013. Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. s.l.:CV. ANDI OFFSET.
- Kusban, 2011. Morphological Image Processing. Prosiding SNPPTI 2011 , pp. 235-240.
- Lubis, Ali Akbar., Dewy, Mega. S., Isnaini, M., 2023. Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Algoritma GLCM dan KNN dalam Pengenalan Penyakit pada Daun. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi dalam Pendidikan, Vol. 10* No. 2, pp. 111 – 117.
- Lusiana, V., 2013. Deteksi Tepi pada Citra Digital menggunakan Metode Kirsch dan Robinson. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK, Volume XIII*.
- Madenda, P. D. S., 2015. Pengolahan Citra Dan Video Digital. Jakarta: Erlangga.
- Munir, R., 2004. Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung: Informatika Bandung.
- Pamungkas, A., 2017. Ekstraksi Ciri Bentuk dan Ukuran.
- Pressman, R. S., 2002. Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi. 1 penyunt. Yogyakarta: Andi.
- Pulung, T.Sutojo & Muljono, 2017. Pengolahan Citra Digital. I penyunt. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- Putra, D., 2010. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: C. V ANDI OFFSET.
- Setiawan, A., Suryani, E. & Wiharto, 2014. Segmentasi Citra Sel Darah Merah Berdasarkan Morfologi Sel Untuk Mendeteksi Anemia Defisiensi Besi. *Jurnal IT SMART, Volume 3*.
- Setiawan, A., Suryani, E. & Winarto, 2014. Segmentasi Citra Sel Darah Merah Berdasarkan Morfologi Sel Untuk Mendeteksi Anemia Defisiensi Besi. *Jurnal IT SMART, Volume 3*, p. 3.
- Shirazi, S. H., Umar, A. I., Naz, S. & Razzak, M. I., 2015. Accurate Microscopic Red Blood Cell Image.
- Supanji, I. K. D., 2012. Pengembangan Aplikasi Perhitungan Jumlah Oobjek Pada Digital Dengan Menggunakan Metode Mathematical Morphology Dan Teknik Connected Component Labelling. Volume 1, p. 460.
- Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V. & Wijanarto, D. N. &, 2009. Teori Pengolahan Citra. Yogyakarta: ANDI.
- Wirayuda, T. A. B., 2006. Pemanfaatan Operasi Morphologi Untuk Proses Pendeteksian Sisi Pada Pengolahan Citra Digital. *Seminar Nasional Sistem dan Informatika*, p. 107.
- Yudhistiro, K., 2017. Menghitung Obyek 2D Menggunakan Connected Component Labelling. *Seminar Nasional Sistem Informasi*, p. 501.
- Yuwono, B., 2010. Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering dan Gaussian Filtering. *Telematika, Volume 7*, pp. 65-75.