

VISI KOMPUTER UNTUK DETEKSI EKSUDAT PADA PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY

Fetty Tri Anggraeny

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Jawa Timur
Email: fetty_ta@yahoo.com

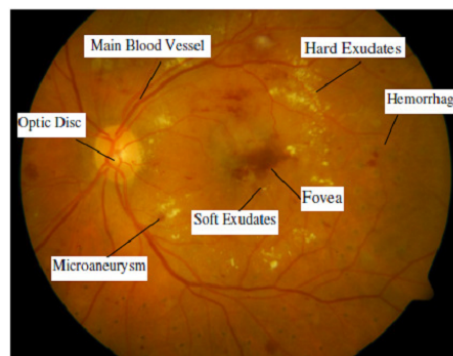
Abstrak. Diabetes mellitus merupakan penyakit yang menyerang darah manusia dimana kadar gula dalam darah melebihi normal. Komplikasi mata akibat diabetes atau yang sering dikenal dengan istilah diabetic retinopathy antara lain eksudat lunak, eksudat keras, microaneurysms, hemorrhages. Bagi orang awam akan sulit untuk membedakan antara komponen mata yang sehat dan yang tidak sehat didasarkan pada warna komponen, misalnya pembuluh darah dan hemorrhages yang keduanya berwarna merah, dan antara exudate dan optic disk yang berwarna kuning. Kesulitan ini dapat diselesaikan dengan visi computer, dimana citra mata akan diolah dan dianalisa untuk mengetahui kerusakan tertentu. Banyak penelitian visi computer yang membahas deteksi kerusakan pada mata, terutama dikarenakan penyakit diabetes mellitus. Dengan adanya pendeteksian otomatis menggunakan alat diharapkan pasien diabetes dapat mengetahui lebih dini kerusakan organ mata dan dapat segera melakukan proses penyembuhan. Dalam paparan berikut, penulis akan menyampaikan beberapa penelitian terkait visi computer untuk deteksi kerusakan pada mata, terutama kerusakan berupa eksudat. Karena eksudat merupakan gejala dini dari diabetic retinopathy.

Kata kunci: Visi computer, eksudat, diabetic retinopathy.

Diabetes mellitus merupakan penyakit yang menyerang darah manusia dimana kadar gula dalam darah melebihi normal. Pengidap penyakit ini jumlahnya semakin meningkat, khususnya di Indonesia. Penyakit ini juga menimbulkan komplikasi penyakit seperti jantung, kebutaan, gagal ginjal, dan stroke. Komplikasi mata akibat diabetes atau yang sering dikenal dengan istilah diabetic retinopathy antara lain eksudat lunak, eksudat keras, microaneurysms, hemorrhages [1]. Eksudat lunak adalah bercak kapas berwarna kuning karena kerusakan serabut retina. Eksudat keras merupakan timbunan lemak berwarna kuning yang dapat menyebabkan pembekuan darah dan perdarahan. Microaneurysms adalah titik merah kecil yang merupakan indicator awal pembekuan darah. Sedangkan hemorrhages (perdarahan) adalah bercak merah akibat perdarahan di retina. Ilustrasi keempat jenis diabetic retinopathy dapat dilihat pada Gambar 1.

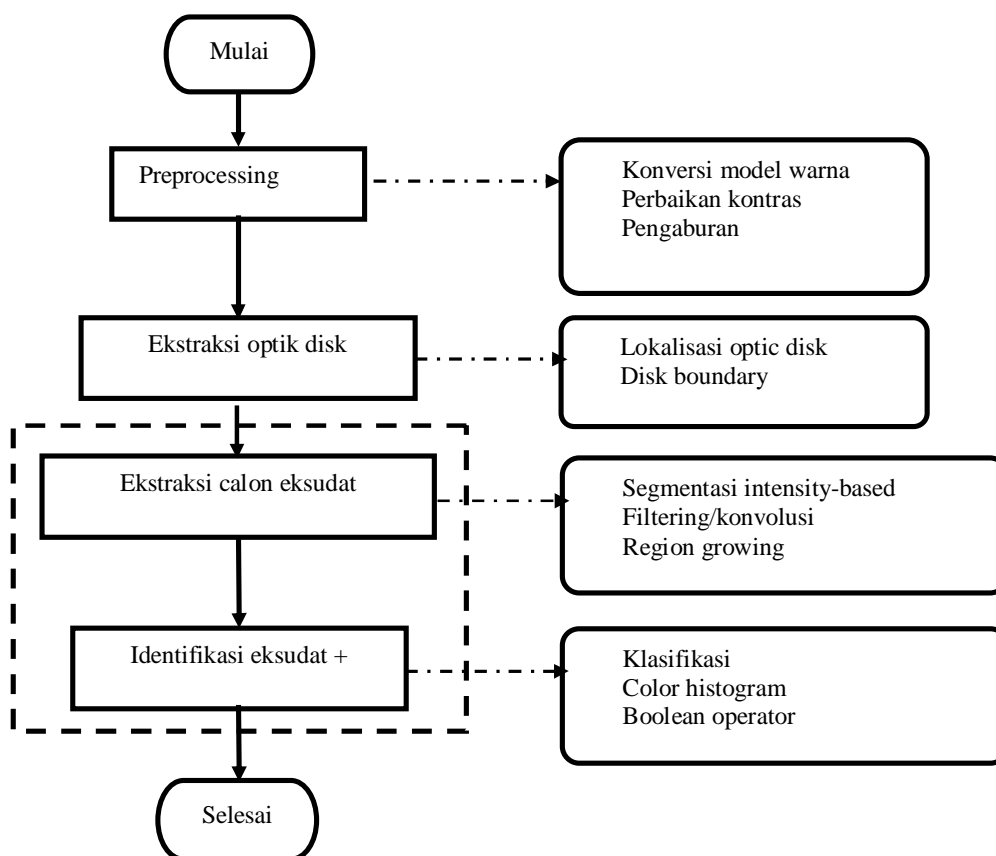
Bagi orang awam akan sulit untuk membedakan antara komponen mata yang sehat dan yang tidak sehat didasarkan pada warna komponen, misalnya pembuluh darah dan hemorrhages yang keduanya berwarna merah, dan antara exudate dan optic disk yang berwarna kuning [1]. Oleh karena itu

pendeteksian yang hanya didasarkan pada warna komponen tidak bisa dijadikan dasar, diperlukan ciri lain agar lebih valid. Kesulitan ini dapat diselesaikan dengan visi computer, dimana citra mata akan diolah dan dianalisa



Gambar 1. Berbagai fitur dalam deteksi diabetic retinopathy [2]

untuk mengetahui kerusakan tertentu. Banyak penelitian visi computer yang membahas deteksi kerusakan pada mata, terutama dikarenakan penyakit diabetes mellitus. Dengan adanya pendeteksian otomatis menggunakan alat diharapkan pasien diabetes dapat mengetahui lebih dini kerusakan organ mata dan dapat segera melakukan proses penyembuhan.



Gambar 2. Sistem deteksi diabetic retinopatry

Dalam paparan berikut, penulis akan menyampaikan beberapa penelitian terkait visi computer untuk deteksi kerusakan pada mata, terutama kerusakan berupa eksudat. Karena eksudat merupakan gejala dini dari diabetic retinopathy. Data masukan system berupa citra retina mata, yang dapat diunduh dari database, seperti DRIVE, DIARETDB, EyeCheck, STARE, MESSIDOR, CMIF, ROC, REVIEW, KOWA-7, dsb. Pendeteksian eksudat pada retina mata membutuhkan beberapa tahapan penting yang dapat mendukung kevalidan hasil. Citra retina akan diolah sedemikian rupa dengan teknik-teknik pengolahan citra digital sehingga menghasilkan citra yang lebih sederhana (sedikit objek/warna). Kemudian ditambahkan metode pengenalan pola untuk menggantikan seorang ophthalmology (dokter spesialis mata) agar system dapat mendeteksi adanya kerusakan eksudat pada mata.

Pada umumnya tahapan pada system pendeteksian eksudat dapat dilihat pada Gambar 2. Diawali dengan preprocessing untuk

meningkatkan kualitas citra, misal perbaikan kontras, pengaburan, pengubahan model warna, dsb. Kemudian dilanjutkan dengan ekstraksi optic disk, proses ini penting karena optic disk memiliki warna yang sama dengan eksudat. Agar optic disk tidak dianggap sebagai eksudat maka harus dideteksi terlebih dahulu. Ekstraksi calon eksudat, dalam tahapan ini system belum bisa menjustifikasi apakah objek yang ada pada citra retina merupakan eksudat atau bukan. Tahapan ini umumnya masih menggunakan metode pengolahan citra digital, seperti segmentasi citra yang berguna untuk memisahkan objek calon eksudat dengan bagian latar belakang. Untuk memastikan objek calon eksudat adalah eksudat positif diperlukan metode yang bertujuan untuk identifikasi, umumnya menggunakan metode kecerdasan buatan antara lain jaringan saraf tiruan, support vector machine (SVM).

PREPROCESSING

Tahapan preprocessing merupakan tahapan yang harus dilakukan agar kualitas dari citra masukan semakin baik. Proses dalam pengolahan citra digital yang dapat digunakan dalam tahapan ini, antara lain perbaikan kontras, pengaburan, pengubahan model warna.

Citra retina pada umumnya menggunakan model warna RGB. Beberapa penelitian menggunakan model warna citra yang dibentuk dari komponen warna asli, yaitu merah, hijau, dan biru. Pengubahan model warna diperlukan jika model warna RGB tidak bisa memberikan informasi yang cukup untuk metode keseluruhan yang digunakan. Sanchez dkk (2004) menggunakan model warna NTSC untuk menangani variasi pencahayaan, penurunan saturasi warna, kemungkinan warna eksudat lebih gelap daripada warna latar, dsb. NTSC memisahkan informasi pencahayaan dan warna, dengan komponen Y (pencahayaan), I (cyan-oranye), dan Q (hijau-ungu). Sopharak dkk (2010) dan Silberman dkk (2010) menggunakan model warna grayscale. Kavita dkk (2011) menggunakan model warna CIELAB karena komponen intensitas terpisah dari komponen warna. CIELab terdiri dari komponen L yang menyatakan kecerahan dan komponen a dan b untuk warna didasarkan pada koordinat ruang warna CIE XYZ. Sehingga dengan mengubah model warna RGB yang tidak memberikan informasi intensitas/pencahayaan menjadi model warna yang memberikan informasi intensitas, diharapkan citra masukan memiliki keseragaman intensitas.

Retina yang diperoleh dari kamera dipengaruhi oleh pencahayaan lingkungan. Ada kemungkinan hasil citra terlalu gelap bahkan terlalu terang, maka diperlukan perbaikan kontras maupun brightness. Wang dkk (2000), menggunakan fungsi transformasi brightness untuk mencerahkan daerah yang gelap pada citra dengan tidak merubah bagian yang terang. Osareh dkk (2002) menggunakan local contrast enhancement untuk memperjelas pembuluh darah. Usher dkk (2003) memperbaiki kontras dengan metode adaptive contrast enhancement local yang diterapkan pada komponen intensitas. Selain untuk memperbaiki kontras, metode ini sekaligus menormalisasi intensitas. Sopharak dkk (2010) menggunakan pengembangan metode histogram equalization

yaitu contrast-limited adaptive histogram equalization untuk memperbaiki kontras lokal. Silberman (2010) menggunakan proses global color-balancing untuk memperbaiki kontras global.

Tahapan preprocessing berikutnya adalah pengaburan, metode ini digunakan untuk mengurangi piksel-piksel pengganggu yang sering muncul pada saat pembuatan citra, dikenal dengan istilah noise. Umumnya menggunakan konsep filtering pada domain spasial maupun konvolusi di domain frekuensi. Dalam kasus diabetic retinopathy, metode yang banyak digunakan adalah filtering di domain spasial. Li dkk (2003) menggunakan wiener filter untuk menghapus noise.

EKSTRAKSI OPTIC DISK

Optik disk dan eksudat memiliki warna yang hampir sama. Keduanya berwarna terang kekuningan yang berbeda dari komponen retina yang lain. Agar tidak terjadi kesalahan optic disk terdeteksi sebagai eksudat, maka system harus bisa mendeteksi lokasi optic disk dan batasan/bentuk dari optic disk.

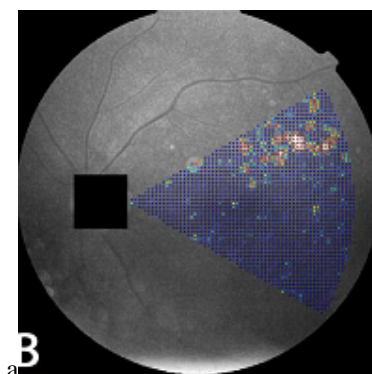
Principal Component Analysis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk deteksi lokasi optic disk. Penelitian yang menggunakan metode ini adalah Li dkk (2003) dan Sanchez dkk (2004). Li dkk memilih kandidat berdasarkan daerah intensitas tertinggi (1% gray level tertinggi) dan kandidat dengan luasan kurang dari 0.04% total piksel diabaikan, kemudian dilakukan transformasi dengan PCA dan penghitungan minimum jarak terhadap eigendisk. Eigendisk menyatakan 6 lokasi optic disk terbaik dari 10 data pembelajaran. Untuk mengetahui batasan/bentuk dari optic disk, Li dkk menggunakan Active Shape Model (ASM). Sanchez dkk, menggunakan metode Gradient Vector Flow (GVF) untuk mengetahui tepi dari optic disk. Silberman dkk (2010) menggunakan pendekatan berbasis contoh, suatu daerah dianggap sebagai optic disk jika memiliki korelasi terdekat terhadap citra rata-rata yang dihasilkan dari 19 citra contoh optic disk. Usher dkk (2003), optic disk merupakan daerah dengan kontras maksimum pada citra, sehingga deteksi optic disk dapat dilakukan berdasarkan puncak intensitas dan variance citra. Kavitha dkk (2011) juga memilih kandidat daerah optic disk berdasarkan intensitas tertinggi yang kemudian dilakukan histogram equalization.

EKSTRAKSI KANDIDAT EKSUDAT

Mencari daerah yang merupakan eksudat tidak bisa diselesaikan dengan satu tahapan. Umumnya akan diperoleh dulu citra yang memberikan kandidat daerah eksudat, baru kemudian ada tahapan akhir untuk menentukan apakah kandidat eksudat merupakan eksudat positif. Ada juga penelitian yang menggabungkan metode identifikasi eksudat dengan ekstraksi kandidat eksudat. Dalam sub-bab ini akan disampaikan beberapa penelitian yang menggunakan kandidat eksudat. Berdasarkan penampakannya, eksudat memiliki ciri berwarna kuning terang dan memiliki tepi yang tegas.

Wang dkk (2000), menggunakan segmentasi warna untuk memisahkan objek berwarna kuning dan latar belakang berdasarkan minimum distance discriminant (MDD). Sanchez dkk (2004), menggunakan MDD dan kernel Krisch's untuk mendapatkan tepi objek. Kernel Krisch's dengan variasi rotasi diterapkan pada komponen warna hijau dalam model warna RGB. Selain tepi eksudat, kernel ini juga mendapatkan tepi optic disk, pembuluh darah, hemorraghes, dsb. Osareh dkk (2002) menggunakan metode klasterisasi Fuzzy C-Mean (FCM) untuk segmentasi kandidat eksudat. Dengan menggunakan FCM, setiap piksel pada citra dapat masuk kelas eksudat dan bukan eksudat dengan tingkat keanggotaan tertentu. Sebelum FCM, dilakukan segmentasi awal dengan Gaussian-smoothed histogram analysis. Usher dkk (2003) menggunakan konsep region growing yang digabung dengan adaptive intensity thresholding. Niemeijer dkk (2007) memanfaatkan komponen warna hijau untuk memperoleh kandidat eksudat. Pada komponen warna hijau dilakukan konvolusi dengan 14 macam filter yang diperoleh dari turunan Gaussian. Kemudian dilakukan klasterisasi dengan k-NN (k-Nearest Neighbor) untuk mendapatkan kandidat eksudat yang kompak. Silberman dkk (2010), mengubah cara pandang terhadap region-of interest (ROI) pada retina. Penelitian sebelumnya menggunakan citra retina utuh sebagai ROI, tetapi dalam penelitian ini Silberman memperkecil ROI menjadi bentuk kerucut yang berpuncak pada optic disk dengan posisi horizontal pada pusat retina. Model ROI kerucut juga dapat mengurang objek pembuluh darah mayor yang

umumnya terletak di bagian atas dan bawah retina, selain itu lokasi eksudat pada umumnya ada di daerah ROI kerucut (lihat Gambar 3). Dalam conic ROI dilakukan ekstraksi fitur SIFT dengan ukuran window 13x13 dan 25x25. Gaussian SVM digunakan untuk mengklasifikasi setiap patch dan menghasilkan probabilitas setiap patch mengandung eksudat.



Gambar 3. Conic ROI ^[1]

IDENTIFIKASI EKSUDAT

Setelah diperoleh kandidat eksudat, maka harus dipastikan apakah kandidat tersebut adalah benar eksudat atau bagian dari piksel latar belakang. Dalam subbab ini akan dipaparkan penelitian yang memerlukan tahapan identifikasi eksudat terpisah dari ekstraksi kandidat, maupun penelitian yang menggabungkan kedua tahapan tersebut. Tahapan ini umumnya ditambahkan agar system dapat membedakan antara eksudat dan jenis diabetic retinopathy yang lain.

Beberapa penelitian yang menggabungkan ekstraksi kandidat dan identifikasi eksudat dilakukan oleh Li dkk (2003) dan Kavitha dkk (2011). Li dkk (2003) menggunakan konsep region growing dengan cara membagi citra menjadi 64 sub-citra yang kemudian dihitung perbedaannya dengan sub-citra referensi. Selain itu juga dilakukan deteksi tepi eksudat dengan metode canny. Kavitha dkk (2011) menggunakan color histogram thresholding dari setiap blok kecil yang tidak tumpang tindih. Dengan menggunakan suatu nilai threshold dapat diidentifikasi bagian citra yang eksudat.

Sedangkan penelitian yang memisahkan ekstraksi kandidat dan identifikasi dipaparkan dalam paragraph ini. Wang dkk (2000), citra hasil MDD memungkinkan adanya

piksel latar belakang dianggap sebagai kandidat akibat adanya perbaikan brightness pada tahapan preprocessing. Untuk memverifikasi, dilakukan observasi dengan memanfaatkan local window berukuran kecil NxN (misal N=3, 5, atau 7). Sanchez dkk (2004), melakukan operasi AND terhadap hasil segmentasi dengan MDD dan deteksi tepi objek dengan kernel Kirsch's. Hal ini dikarenakan kernel dapat menghasilkan tepi objek yang lain, seperti optic disk, pembuluh darah, hemorrhages, dsb. Osareh dkk (2002) membandingkan kinerja 2 metode klasifikasi, yaitu SVM dengan gaussian kernel dan JST. Metode pembelajaran yang digunakan adalah backpropagation dan Scaled Conjugate Gradient (SCG). Usher dkk (2003) menggunakan jaringan saraf tiruan (JST) untuk identifikasi eksudat positif. Niemeijer dkk (2007) menggunakan linear discriminant classifier (LDC) untuk mengenali eksudat, bercak kapas (cotton woll), dan drusen. LDC dilakukan terhadap kluster warna terang yang dihasilkan dari k-NN. Sopharak dkk (2010) juga membandingkan 2 metode klasifikasi,

yaitu naïve-bayes dan SVM. Silberman dkk (2010) mengolah hasil ekstraksi fitur SIFT dengan Gaussian SVM untuk mendapatkan probabilitas setiap patch mengandung eksudat. Patch positif mengandung eksudat jika memiliki tingkat confidence lebih dari 90%.

Sistem di evaluasi dengan penilaian dari pakar (ophthalmology) dan menghasilkan sensitivity dan specificity. Sensitivity menyatakan prosentase data yang terdeteksi sebagai eksudat dibanding dengan seluruh data eksudat. Sedangkan specificity menyatakan prosentase data terdeteksi non-eksudat dibanding seluruh data non-eksudat. Tabel 1 menampilkan nilai sensitivity dan specificity dari penelitian yang sudah dibahas. Mayoritas dari penelitian menunjukkan nilai sensitivity dan specificity yang cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa keseluruhan metode mulai dari preprocessing sampai identifikasi eksudat dapat digunakan untuk membantu ophthalmologist mendeteksi adanya eksudat pada retina mata.

Tabel 1. Performa deteksi eksudat

Penelitian	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Usher dkk (2003) - ANN	79	69,5
Osareh dkk (2002)		
- BP	95	88,9
- SVM	87,5	92
Niemeijer dkk (2007) - LDC	95	74
Kavitha dkk (2011) – color histogram thresholding	89,78	99,12
Li dkk (2003) – region growing dan canny edge detection	100	71
Wang dkk (2000) – local window based	100	70
Sopharak dkk (2010)		
- Naïve-bayes	94,1	97,52
- SVM	91,9	98,25

SIMPULAN

Deteksi diabetic retinopathy dalam bidang visi computer telah dibahas dalam banyak penelitian. Pada pembahasan ini, kami hanya menggunakan beberapa penelitian yang focus pada deteksi eksudat pada diabetic retinopathy. Tahapan umum telah digambarkan dan diperjelas dengan metode-metode yang digunakan di setiap tahap. Harapannya dengan dibuatnya pembahasan ini, pembaca memperoleh gambaran proses deteksi eksudat

dan mengetahui metode apa saja yang sudah digunakan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Silberman N, Ahrlich K, Fergus R, "Case for Automated Detection of Diabetic Retinopathy", Proceedings of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), 2010.
- [2] Kavitha S, Duraiswamy K, "Automatic Detection of Hard and Soft Exudates in

- Fundus Images Using Color Histogram Thresholding*”, European Journal of Scientific Research Vol.48 No.3, 2011, pp.493-504.
- [3] Wang H, Hsu W, Goh KG, dan Lee ML, “*An effective approach to detect lesions in color retinal images*”, Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2000, pp. 181-187.
- [4] Li H, “*A model-based approach for automated feature extraction in fundus images*” Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2003), 2003.
- [5] Osareh, Mirmehdi M, Thomas B, “*Comparative exudate classification using support vector machines and neural networks*”, Springer Medical Image Computing, 2002.
- [6] Sánchez CI, Hornero R, Lopez MI, “*Retinal image analysis to detect and quantify lesions associated with diabetic retinopathy*”, Proceedings of IEEE Engineering in Medicine, 2004.
- [7] Sopharak A, Dailey MN, Uyyanonvara B, dkk, “*Machine learning approach to automatic exudate detection in retinal images from diabetic patients*”- *Journal of Modern Optics*, 57(2), pp. 124-135, 2010.
- [8] Usher D, Dumskyj M, Himaga M, “*Automated detection of diabetic retinopathy in digital retinal images: a tool for diabetic retinopathy screening*”, *Diabet. Med.* 21,84–9, 2003.
- [9] Niemeijer M, van Ginneken B, Russell SR, Suttorp-Schulten MS, Abramoff MD, “*Automated detection and differentiation of drusen, exudates, and cotton-wool spots in digital color fundus photographs for diabetic retinopathy diagnosis*”, *Invest Ophthalmol Vis Sci* 48:2260–2267, 2007.