

Deteksi Glaukoma Pada Foto Fundus Resolusi Tinggi

Glaucoma Detection On High Resolution Fundus

Faidil Hadi¹, Gelar Budiman, ST., MT.², Hilman Fauzi TSP, ST., MT.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fav.hadi12@gmail.com, ²glb@telkomuniversity.ac.id, ³hilmanfauzitsp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Glaukoma adalah peradangan pada optik yang ditandai dengan kemunduran progresif dari kepala saraf optik dan luas pandang. Peradangan ini disebabkan oleh tidak seimbangannya proses produksi cairan dan pembuangannya pada bola mata sehingga menyebabkan tekanan cairan bola mata menjadi tinggi. Kemunduran progresif pada luas pandang bersifat permanen dan tidak dapat disembuhkan, sehingga pendeteksian dini sangat perlu dilakukan sebelum kerusakan semakin parah. Deteksi glaukoma dapat dilakukan dengan beragam cara, salah satunya adalah dengan melihat ukuran optik disk pada foto fundus digital. Namun, hasil identifikasi foto fundus secara manual dapat menghasilkan diagnosis yang kurang tepat. Pada tugas akhir ini dilakukan proses simulasi dan analisis suatu sistem yang dapat membantu dokter mendeteksi ukuran optik disk pada foto fundus sehingga dapat mendiagnosis dengan cepat dan akurat. Metode yang digunakan antara lain filtering, template matching, thresholding, serta dilate dan erode. Template yang digunakan adalah template penelitian sebelumnya dan template baru yang memiliki kecerahan yang lebih baik dari template sebelumnya. Berdasarkan hasil dari simulasi, akurasi sistem mencapai 76% dengan waktu komputasi 1.51245 detik. Template baru juga mampu menutupi ketidakmampuan template lama dalam mendeteksi posisi optik disk dengan tepat.

Kata kunci : Glaukoma, Template Matching, Dilate Erode.

Abstract

Glaucoma is an infection on optic characterized by a progressive degeneration of the optic nerve head and visual field defect. It is caused by an imbalance between the production and disposal of liquid in eyeball so that the intraocular pressure is increasing. Vision loss caused by Glaucoma is permanent and incurable. So, early detection is needed before the damage gets worse. Glaucoma detection can be done by various ways, such as measuring the size of disc in digital fundus images. But, the result of manual measurement can be less accurate. This final project will do a simulation and analysis of a system that can help ophthalmologist measuring the size of optic disc in digital fundus images and giving diagnose accurately in an instant. Methods used by this system including filtering, template matching, thresholding, dilate, and erode. Templates used by the system are old template that used in previous research and new template that has a better brightness than the old one. The results are the system has an accuracy up to 76% with computing time 1.51245s. New template is able to cover the old template inability to detect the exact position of optic disc.

Keywords: *Glaucoma, Template Matching, Dilate Erode.*

1. Pendahuluan

Glaukoma adalah peradangan optik yang ditandai dengan kemunduran progresif dari kepala saraf optik dan luas pandang [1]. Peradangan ini disebabkan ketidakseimbangan produksi cairan dan pembuangannya dalam bola mata. Tekanan cairan bola mata terlalu tinggi, sehingga merusak serat lembut saraf optik yang membawa sinyal penglihatan dari mata ke otak [2]. Dengan rusaknya serat lembut ini, menyebabkan luas pandang semakin berkurang dan bahkan bisa menyebabkan kebutaan. Data dari *population-based surveys* (PBS) mengindikasikan bahwa glaukoma adalah penyebab kebutaan nomor dua (setelah katarak), yaitu sebesar 8% dari 36 juta penderita kebutaan di seluruh dunia [3]. Pada data lain, glaukoma disebutkan menjangkit 70 juta orang dan diperkirakan akan meningkat menjadi 79.6 juta orang di tahun 2020 [1].

Kerusakan serat lembut pada penderita glaukoma menyebabkan karakteristik optik disk berbeda dengan mata normal. Penderita glaukoma mengalami pelebaran pada optik disk, sehingga dapat menjadi tanda bahwa seseorang mengalami glaukoma. Glaukoma tak kasat mata sehingga sering tidak disadari. Kerusakan yang disebabkan oleh glaukoma tidak dapat diperbaiki. Pendeteksian dan penanganan lebih dini bisa mencegah penderita glaukoma mengalami kerusakan yang lebih parah [4]. Deteksi glaukoma dengan menggunakan Optical Coherence Tomography (OCT) dan Heidelberg Retinal Tomography (HRT) sangatlah mahal. Namun dengan menggunakan

foto fundus digital dapat dideteksi dengan lebih cepat dan murah [5]. Lebih jauh, dengan menggunakan foto fundus digital dapat diketahui beragam tingkatan glaukoma [1].

Pada tugas akhir ini dilakukan proses simulasi dan analisis suatu sistem yang dapat mendeteksi glaukoma secara cepat. Input sistem berupa foto fundus digital yang diproses dan menghasilkan output berupa hasil diagnosis. Tugas akhir ini menggunakan metode template matching dengan menggunakan template dari penelitian lain dengan kemampuan deteksi optik mencapai 96% [7].

2. Glaukoma dan Perancangan Sistem

Sistem menggunakan template matching dan filtering untuk mendapatkan ciri dari tiap foto fundus kemudian dideteksi sebagai mata normal, glaukoma, dan tidak terdeteksi berdasarkan luas optik disk dengan menggunakan fungsi non-zero matrix.

2.1 Glaukoma

Glaukoma adalah peradangan optik yang ditandai dengan kemunduran progresif dari kepala saraf optik dan luas pandang [1]. Peradangan ini disebabkan ketidakseimbangan produksi cairan dan pembuangannya dalam bola mata. Tekanan cairan bola mata terlalu tinggi, sehingga merusak serat lembut saraf optik yang membawa sinyal pengelihatian dari mata ke otak [2]. Saraf optik yang sudah mengalami kerusakan parah akan mengakibatkan kebutaan.

Berdasarkan gonioskopi, glaucoma dibedakan menjadi *primary glaucoma* dan *secondary glaucoma*. *Primary glaucoma* kemudian diklasifikasi sebagai *Primary Open Angle Glaucoma (POAG)* dan *Primary Angle Closure Glaucoma (PACG)* [9].

Pada bagian depan mata terdapat ruang yang disebut *anterior chamber*. Sebuah cairan bening mengalir terus menerus masuk dan keluar dari chamber dan memelihara jaringan di sekitarnya. Cairan meninggalkan ruangan di sudut terbuka di mana kornea dan iris bertemu. Ketika cairan mencapai sudut, mengalir melalui meshwork spongs, seperti saluran pembuangan, dan meninggalkan mata [10].

Pada glaukoma sudut terbuka (POAG), meskipun sudut drainase terbuka, cairan mengalir terlalu lambat melalui saluran meshwork. Karena cairan menumpuk, tekanan di dalam mata naik ke tingkat yang dapat merusak saraf optik. Ketika saraf optik rusak dari peningkatan tekanan, glaukoma sudut terbuka bisa terjadi [10]. Pada glaucoma sudut tertutup (PACG), iris tidak lebar dan terbuka sebagaimana mestinya. Cairan tidak bisa keluar sehingga cairan menumpuk [11].

2.2 Template Matching^[2]

Template Matching adalah metode untuk mencari area suatu gambar yang tepat atau mirip dengan template image. Template matching sering dianggap sebagai dasar, pendekatan terbatas pada masalah yang paling menarik dari computer vision, menyentuh pada banyak teknik lama dan baru di bidangnya.

Teknik ini terbagi dalam dua fitur umum. Pertama yaitu sistem bergantung pada template yang jelas, atau representasi dari gambar utuh sebenarnya. Kedua yaitu pengenalan dilakukan dengan pencocokan gambar yang ditetapkan sebagai template dengan gambar lainnya. Kemudian dibandingkan representasi citranya.

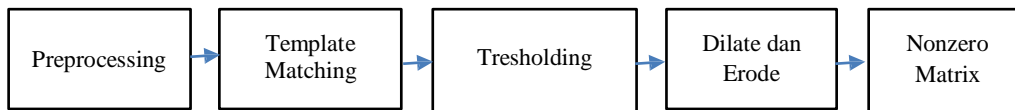
2.3 Morfologi^[15]

Morfologi merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam pengolahan gambar biner. Kebanyakan algoritma morfologi adalah operasi logika sederhana. Setiap aplikasi membutuhkan solusi khusus yang dikembangkan dari *trial-and-error*. Cara ini lebih sering digunakan daripada algoritma standar dan sifat matematika formal.

Operasi morfologi yang sering digunakan adalah erode dan dilate. Pada erode, setiap object pixel yang menyentuh background pixel berubah menjadi background pixel. Pada dilate, setiap background pixel yang menyentuh object pixel berubah menjadi object pixel. Erode membuat suatu objek menjadi lebih kecil dan dapat membuat sebuah objek menjadi beberapa objek. Dilate membuat objek menjadi lebih besar dan dapat membuat beberapa objek menjadi sebuah objek.

2.4 Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 1 digambarkan langkah – langkah yang dilakukan sistem agar dapat mengklasifikasikan citra uji yang masuk.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Preprocessing merupakan tahap awal sistem, di tahap ini citra yang masuk dilakukan segmentasi optik disk. Untuk mendapatkan hasil yang baik dilakukan proses *resize*, pengambilan layer merah, dan filtering.



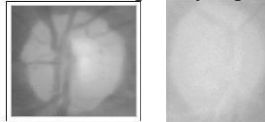
Gambar 2. Filtering untuk memperjelas optik disk

Tahap selanjutnya merupakan tahap pendeteksian optik disk. Citra hasil dari preprocessing selanjutnya dilakukan proses template matching. Hasil dari template matching akan menunjukkan lokasi optik disk. Kemudian optik disk yang sudah tersegmentasi mengalami perubahan bentuk sehingga segmentasi optik disk menjadi lebih sempurna.

Hasil dari segmentasi yang lebih sempurna kemudian dihitung luasannya dengan nonzero matrix. Pengidentifikasi glaukoma dilakukan dengan membandingkan nilai dari nonzero matrix hasil segmentasi otomatis dengan nilai dari nonzeromatrix yang dilakukan secara manual oleh spesialis glaukoma.

2.5 Skenario Pengujian

Untuk mengetahui performansi dari sistem maka diperlukan tahap pengujian. Dalam pengujian ini akan dilakukan tiga tahap, yang pertama yaitu menguji akurasi sistem dalam mendeteksi optik disk, yang kedua yaitu menguji akurasi sistem dalam mendeteksi glaukoma, dan yang ketiga waktu komputasi sistem. Pada setiap pengujian, akan dilakukan perubahan pada nilai parameter yang telah ditentukan. Nilai yang diubah yaitu nilai kernel disk yang akan digunakan pada tahap filtering, nilai treshold untuk menentukan batas region optik disk, serta mengujicoba sistem dengan menggunakan dua template yang berbeda pada proses template matching.



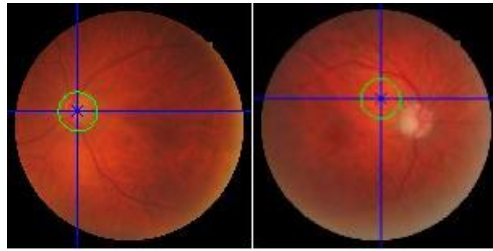
Gambar 3. Dua template uji

3. Pembahasan

Pada pembahasan ini akan dibagi menjadi dua bagian sesuai dengan skenario pengujian, yaitu akurasi segmentasi optik disk, akurasi deteksi glaukoma, dan waktu komputasi.

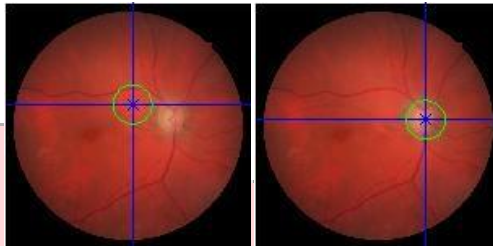
3.1 Akurasi Segmentasi Optik Disk

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan dua template yang berbeda. Dari 100 data yang diuji, template pertama mampu mendeteksi optik disk dengan akurasi sebesar 91% dan template kedua memiliki akurasi sebesar 81%.



Gambar 4. Deteksi optik disk dengan template pertama

Template pertama mampu mendeteksi optik dengan baik. Namun, untuk foto fundus dengan tingkat kemerahan dan kecerahan yang lebih tinggi, template ini tidak mampu mendeteksi optik disk dengan baik.

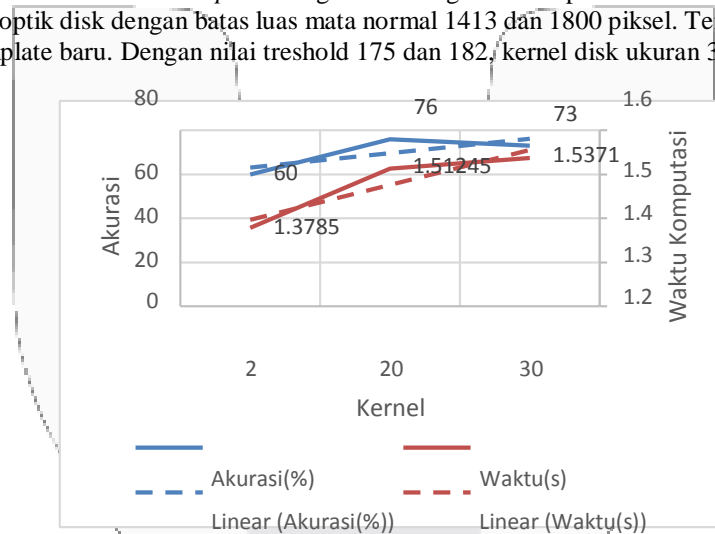


Gambar 5. Deteksi optik disk dengan template kedua

Template kedua memang memiliki akurasi yang lebih rendah dari template pertama. Namun, template kedua mampu mendeteksi lokasi optik disk lebih baik pada foto fundus dengan tingkat kemerahan dan kecerahan yang lebih tinggi. Enam foto fundus dengan karakteristik ini mampu dideteksi seluruhnya dengan baik.

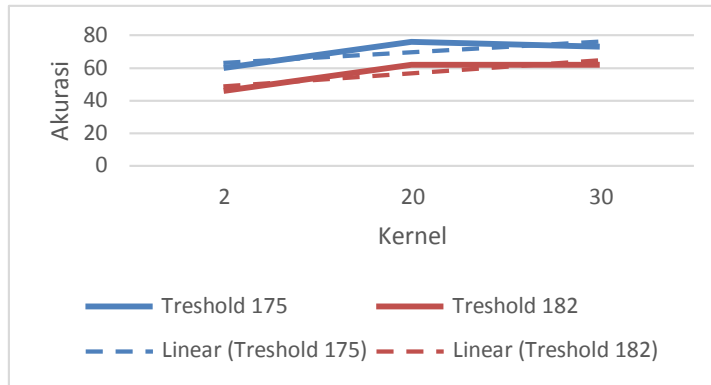
3.2 Akurasi Deteksi Glaukoma

Pada pengujian sistem dalam mendeteksi glaukoma dilakukan perbandingan antara segmentasi manual yang dilakukan oleh lima *glaucoma domain experts* dengan hasil segmentasi optik disk otomatis. Deteksi glaukoma ditentukan dari luasan optik disk dengan batas luas mata normal 1413 dan 1800 piksel. Template yang diuji adalah template lama dan template baru. Dengan nilai treshold 175 dan 182, kernel disk ukuran 3x3, 21x21, dan 31x31.



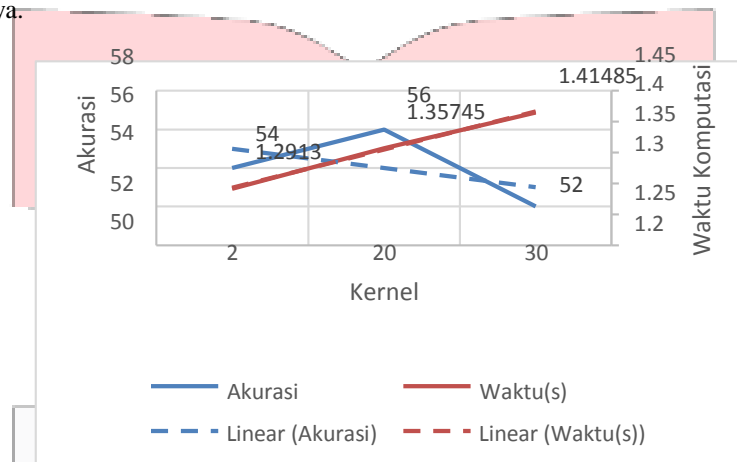
Gambar 6. Grafik hubungan kernel terhadap akurasi dan komputasi template lama

Berdasarkan grafik regresi linear, semakin besar kernel maka akan semakin meningkat akurasinya. Disisi lain, waktu komputasinya juga akan semakin lama. Efisiensi sistem dengan ukuran kernel yang kecil sangat tinggi. Akurasi tertinggi sebesar 76% namun dengan waktu komputasi yang kurang efisien yaitu 1.51245s.



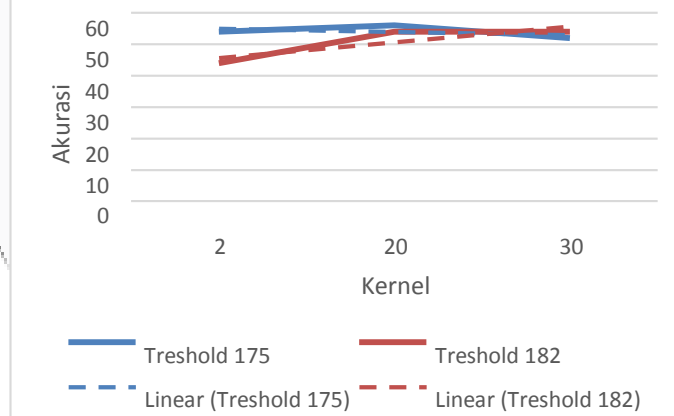
Gambar 7. Grafik hubungan kernel, akurasi, dan threshhold

Berdasarkan grafik diatas, threshhold dengan nilai lebih kecil akan memiliki akurasi yang lebih tinggi. Baik threshhold 175 dan 182 menunjukan kernel akan mempengaruhi tingkat akurasi. Semakin besar kernel, semakin besar tingkat akurasinya.



Gambar 8. Grafik hubungan kernel terhadap akurasi dan komputasi template baru

Berdasarkan grafik regresi linear diatas, pada template yang baru, semakin besar ukuran kernel justru semakin mengurangi akurasinya. Akurasi tertinggi sebesar 56% dengan waktu komputasi 1.35745s.

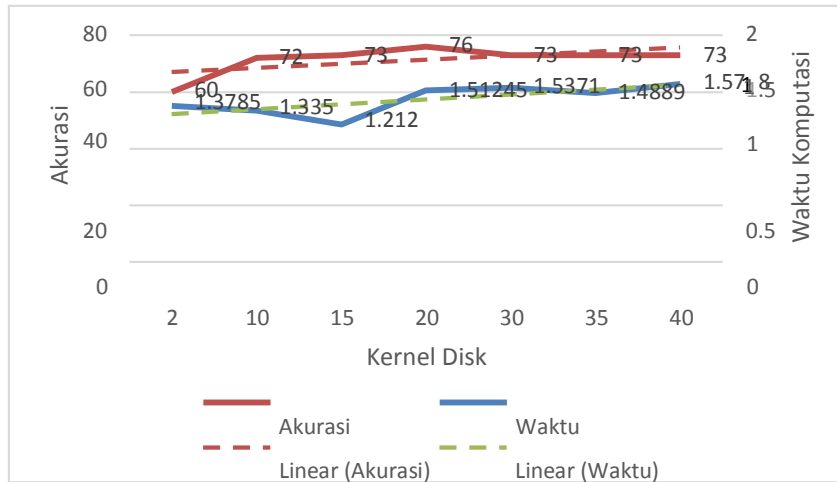


Gambar 9. Grafik hubungan kernel, akurasi, dan threshhold

Berdasarkan grafik diatas, akurasi threshhold 175 akan lebih baik dengan menggunakan kernel dibawah 20.

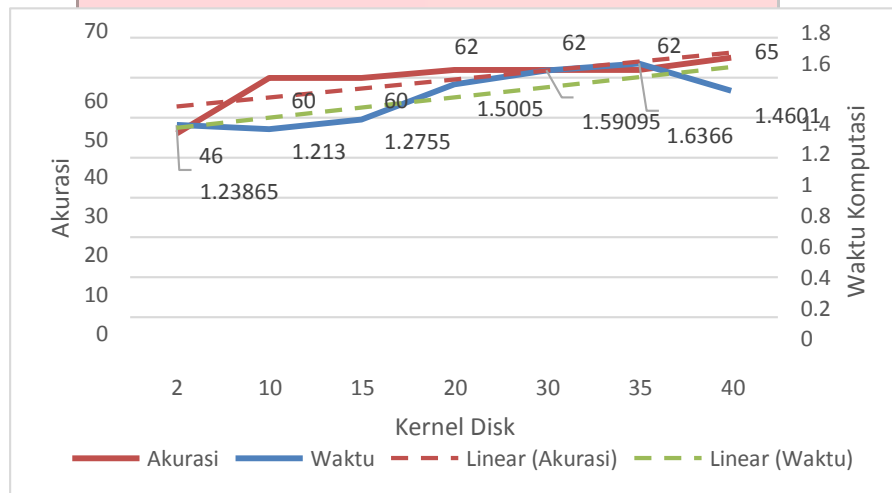
3.3 Analisis Uji Akurasi

Pada bagian ini pengujian lebih mendalam dilakukan terhadap template yang memiliki akurasi keseluruhan tertinggi, yaitu template lama.



Gambar 10. Korelasi lanjutan treshold 175

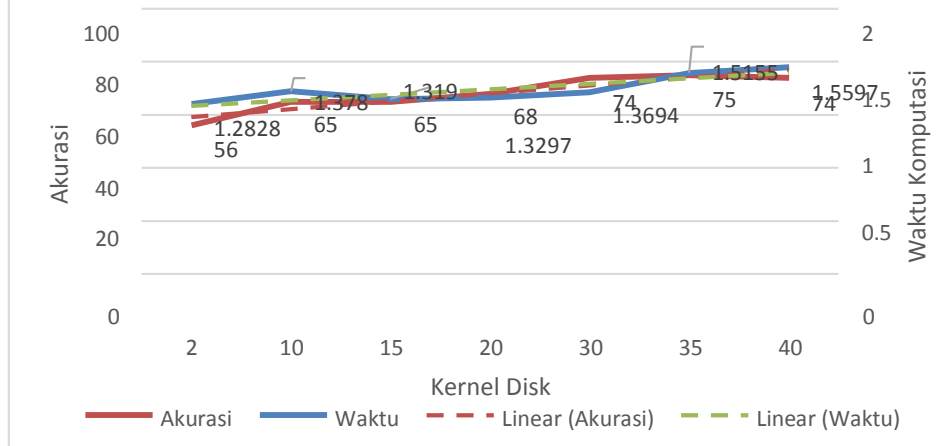
Hasil dari pengujian lanjutan pada treshold 175 menunjukkan bahwa nilai akurasi mulai statis pada 73% walaupun dari forecasting menunjukkan akurasi masih akan meningkat saat nilai kernel disk semakin besar.



Gambar 11. Korelasi lanjutan treshold 182

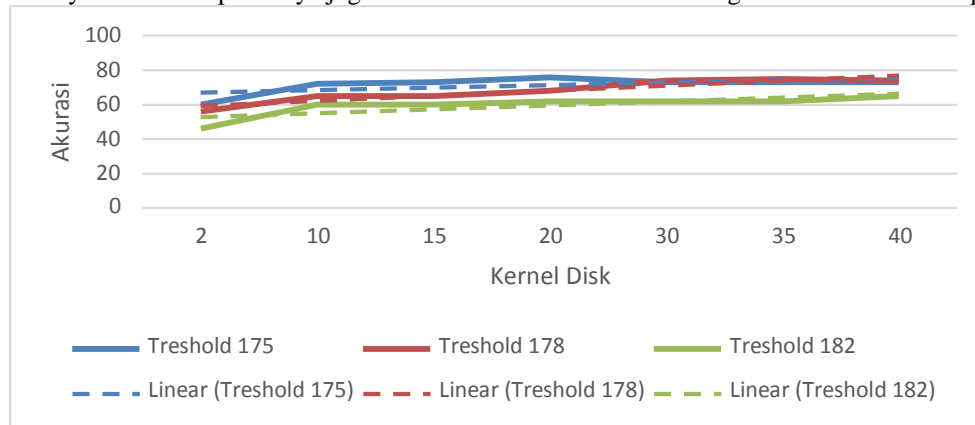
Hasil dari pengujian lanjutan pada nilai treshold 182 sesuai dengan forecasting pada pengujian sebelumnya. Nilai akurasi semakin meningkat seiring dengan semakin bertambah besar ukuran kernel disk. Akurasi mampu mencapai 65%. Waktu komputasi sempat mengalami perbaikan pada kernel 40 yaitu 1,4601s.

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan nilai treshold 178 menggunakan parameter yang sama dengan treshold lain.



Gambar 12. Korelasi lanjutan treshold 178

Dengan menggunakan treshold 178, akurasi juga semakin meningkat dengan menggunakan kernel disk yang lebih besar. Tentunya waktu komputasinya juga akan semakin lama. Akurasi dengan treshold ini mencapai 75%.



Gambar 13. Kompoarasi 3 treshold

Threshold 175 adalah treshold terbaik dalam sistem ini dengan akurasi maksimum mencapai 76%. Grafik menunjukkan akurasi dari treshold 178 akan lebih baik dibandingkan treshold 175 untuk ukuran kernel yang lebih besar. Namun tentu akan membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama.

3.4 Waktu Komputasi

Berdasarkan grafik regresi linear diatas, efisiensi kerja terbaik ada pada saat menggunakan template lama dengan treshold 175, kernel 2, dengan akurasi 60% dan waktu komputasi 1.3785s. Namun sistem lebih dititik-beratkan dalam akurasi deteksi. Dengan akurasi deteksi mencapai 76%, sistem hanya membutuhkan waktu rata-rata 1.51245s untuk mendeteksi glaukoma.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil simulasi dan analisis dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Nilai treshold dan ukuran kernel mempengaruhi akurasi dan waktu komputasi. Semakin besar nilai kernel, semakin besar juga waktu yang digunakan untuk komputasi. Sementara nilai treshold terhadap waktu komputasi berubah fluktuatif, tergantung template yang digunakan.
2. Nilai akurasi tertinggi diperoleh dengan menggunakan nilai treshold 175 dengan kernel 20 pada template yang lama yaitu sebesar 76%. Nilai efisiensi terbaik diperoleh dengan menggunakan nilai treshold 175 dengan kernel 2 pada template yang lama dengan akurasi 60%.
3. Template baru memiliki akurasi yang lebih rendah baik dalam deteksi optik disk maupun deteksi glaukoma. Template lama memiliki akurasi sebesar 91% dalam mendeteksi optik disk, dengan template baru yang hanya memiliki akurasi sebesar 81%. Namun performa template merah lebih baik pada foto fundus digital dengan kecerahan yang lebih tinggi.

Adapun saran untuk peneitian selanjutnya adalah:

1. Pengembangan metode untuk segmentasi optik disk. Template matching mampu menentukan lokasi optik disk dengan baik, namun tak mampu untuk menyeleksi optik disk dengan sempurna.
2. Menggunakan cup-to-disk ratio dalam mendiagnosis glaukoma. Untuk mata dengan optik disk yang lebih besar dari ukuran umum, deteksi bisa dilakukan dengan melihat rasio cup disk terhadap optik disk.
3. Sistem mampu mendeteksi pembuluh arteri pada mata karena pembuluh arteri dapat menjadi ciri lain seseorang menderita glaukoma.
4. Pengembangan sistem ke tahap yang lebih jauh seperti menyediakan beberapa template untuk kasus khusus, kemampuan sistem mendeteksi fundus dengan berbagai ukuran dan Field of View, dan input real time.

Daftar Pustaka:

- [1] H. A. Quigley dan A. T. Broman, "The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020," *Br J Ophthalmol*, vol. 90(3), pp. 262-267, 2006.
- [2] Singapore National Eye Centre, "SNEC," Eye Center, [Online]. Available: <http://www.snec.com.sg/about/international/menuutama/kondisimataandperawatan/common-problems/Pages/Glaucoma.aspx>. [Diakses 5 Desember 2014]
- [3] D. Pascolini dan S. Mariotti, "Global estimates of visual impairment: 2010," *Br J Ophthalmol*, vol. 96(5), pp. 614-618, 2012.
- [4] H. A. Quigley, "Glaucoma: What Every Patient Should Know," Johns Hopkins Medicine, 2011.
- [5] J. Nayak, R. A. U., P. S. Bhat, N. Shetty dan T.-C. Lim, "Automated Diagnosis of Glaucoma Using Digital Fundus Images," *J Med Syst*, vol. 33, pp. 337-346, 2009.
- [6] A. Pachiyappan, U. N. Das, T. V.S.P. Murthy dan R. Tatavarti, "Automated diagnosis of diabetic retinopathy and glaucoma using fundus and OCT image," *Lipids in Health abd Disease*, 2012.
- [7] Zahara, H.S., "Simulasi Untuk Klasifikasi Retinopati Diabetes Non-proliferatif Berdasarkan Mikroaneurisma dan Hemorrhages", Institut Teknologi Telkom, 2011.
- [8] H. Kolb, "How the Retina Works," American Scientist, 2003.
- [9] S. M. B., Shields Textbook of Glaucoma. 4th ed., New York: Lippincott Williams and Wilkins, 2005.
- [10] National Eye Institute, "NEI," Eye Center, [Online]. Available: https://www.nei.nih.gov/health/glaucoma/glaucoma_facts.asp#a. [Diakses 10 Desember 2014]
- [11] P. J. Saine dan M. E. Tyler, *Ophthalmic Photography: Retinal Photography, Angiography, and Electronic Imaging*, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann Medical
- [12] Munir, R., "Pengolahan Citra Digital", Bandung, 2004.
- [13] Hestiningsih, I, "Pengolahan Citra".
- [14] Brunelli, R., "Template Matching Techniques in Computer Vision: Theory and Practices", John Wiley & Sons, Ltd., ISBN: 978-0-470-51706-2, 2009.
- [15] Smith, S. W., "Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists", ISBN: 0-7506-7444-X

