**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI**

**INSTITUT TEKNLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**USULAN TUGAS AKHIR**

# IDENTITAS PENGUSUL

**NAMA : MUJAAHIDAH AS-SAYFULLOOH**

**NRP : 5108100703**

**DOSEN WALI : Bilqis Amaliah, S.Kom, M.Kom.**

**DOSEN PEMBIMBING : 1. Anny Yuniarti, S.Kom, M.Comp.Sc.**

**2. Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom.**

# JUDUL TUGAS AKHIR

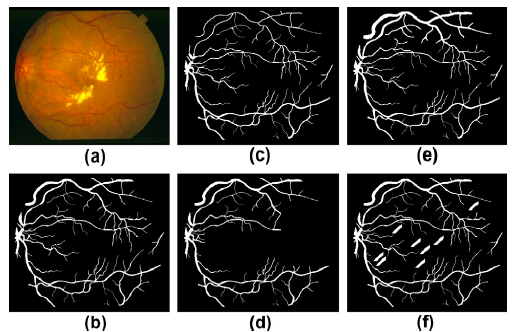
“Implementasi Evaluasi Performa Struktural Algoritma Deteksi Struktur Garis Lengkung”

# LATAR BELAKANG

Evaluasi performa adalah salah satu permasalahan yang penting dalam pengenalan pola [[1](#Bha11)]. Penelitian yang ekstensif telah dilakukan untuk mengevaluasi algoritma deteksi tepi dan segmentasi berbasis region [[2](#Hea97)]. Sebaliknya, hanya sedikit sekali penelitian pada evaluasi algoritma untuk deteksi struktur garis lengkung (*curvilinear*). Struktur garis lengkung merupakan sebuah garis atau lengkungan dengan luasan tertentu. Struktur garis lengkung adalah fitur yang berguna dalam berbagai aplikasi (menemukan jalan atau sungai pada citra udara, mendeteksi jalur lalu lintas, dan lain-lain). Terutama sekali di dalam pencitraan medis, struktur garis lengkung menjadi fitur penting dan paling banyak diamati; misalnya pembuluh darah, tulang, dan struktur tipis lainnya. Usaha untuk mengevaluasi performa algoritma pada visi komputer secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan kategori: berbasis teori, evaluasi manusia, dan *ground truth* (GT). *Ground truth* merupakan citra referensi hasil segmentasi yang diharapkan. Gagasan utama dari evaluasi berbasis *ground truth* adalah untuk menghitung beberapa ukuran dari perbedaan antara hasil segmentasi mesin dan *ground truth*.

Banyak algoritma hasil penelitian yang telah diusulkan untuk segmentasi pembuluh pada citra retina [[3](#Xia12)]. Kebanyakan dari penelitian tersebut bekerja dengan menggunakan *ground truth* yang telah ditentukan manual, dengan metode evaluasi performa langsung (*straightforward*) menggunakan perbandingan piksel (*pixel-wise*). Diberikan sebuah hasil segmentasi mesin (*machine-segmented*) MS dan citra GT-nya, piksel yang ditandai sebagai pembuluh pada MS dan GT dihitung sebagai *true positive*. Piksel yang ditandai sebagai pembuluh di MS tetapi tidak di GT dihitung sebagai *false negative*. *True positive rate* (TPR) ditetapkan sebagai pembagian jumlah TP dengan total piksel pembuluh pada GT. *False positive rate* (FPR) dihitung dengan pembagian jumlah FP dengan total piksel bukan pembuluh pada GT. Sebagai alternatif, FPR juga bisa dihitung berdasarkan jumlah piksel bukan pembuluh hanya yang berada dalam lingkaran yang tampak, *field of view* (FOV) [[4](#Nie10)]. Jika perbedaan pasangan dari sensitivitas dan *specificity* telah didapatkan, performa dari sistem dapat diteliti dengan kurva *receiver operating curve* (ROC). Semakin dekat nilai dari sistem dengan nilai sudut kiri atas pada kurva ROC (TPR = 100%, FPR = 0%), semakin baik performa sistem. Metode perbandingan *pixel-wise* juga telah digunakan untuk mengevaluasi metode binarisasi [[5](#SUL90)] dan ekstraksi citra udara [[6](#Shu99)]. Metode ini cocok digunakan pada kasus tersebut karena membandingkan region yang besar, sedangkan penggunaannya pada aplikasi untuk struktur garis lengkung sebagai region yang tipis dan panjang terulur bisa dipertanyakan lagi.

Secara keseluruhan pengukuran performa TPR dan FPR melibatkan gabungan dari dua aspek performa, yaitu nilai deteksi (berapa banyak jaringan pembuluh yang dideteksi) dan akurasi deteksi (berapa ketelitian dari deteksi struktur ). Penggabungan seperti ini mengakibatkan terjadi bias (*biased impression*) pada kualitas deteksi. Salah satu contoh terjadinya bias berdasarkan referensi jurnal, dicontohkan pada perhitungan nilai TPR dan FPR dari beberapa modifikasi GT yang ditunjukkan pada Gambar 1 [[3](#Xia12)].



Gambar 1. (a) Citra retina; (b) GT; (c) MSthin: GT dengan piksel yang ditipiskan; (d) MSdel: GT dengan piksel yang dihapus; (e) MSexp: GT dengan piksel yang diperluas; (f) MSins: GT dengan piksel yang disisipkan

Berdasarkan uji coba dengan menggunakan evaluasi *pixel-wise* diperoleh nilai dari citra MSthin dan MSdel menghasilkan nilai yang sama, yaitu TPR = 85.1% dan FPR = 0.0%, tetapi jika kita melihat secara visual langsung ada perbedaan yang besar antara dua citra tersebut. Hal ini juga terjadi pada citra MSexp dan MSins yang juga menghasilkan nilai yang sama untuk TPR = 100% dan FPR = 1.7%, padahal pada MSins ada piksel yang disisipkan pada citra GT. TPR dan FPR *non*-struktural secara implisit juga dikenalkan pada penelitian lain [[7](#BFa05)]. Mereka menggunakan TPR dan FPR untuk mengukur kualitas deteksi tanpa lebih jauh mendiskusikan tentang akurasi dari struktur deteksi. Mereka hanya bisa menemukan sedikit pengaruh kualitatif dari akurasi deteksi struktur dengan pemeriksaan visual.

Oleh karena itu pada TA ini membahas tentang implementasi evaluasi performa struktural (EPS) algoritma deteksi struktur garis lengkung 2D dan 3D yang dicontohkan pada kasus segmentasi pembuluh retina, dengan masukan citra biner GT dan MS dan keluaran nilai performa TPR dan FPR. Diharapkan dengan EPS ini penaksiran performa algoritma segmentasi struktur garis lengkung menjadi lebih baik karena pemisahan antara nilai deteksi dan akurasi. Lebih lanjut, metodologi evaluasi struktural ini akan diimplementasikan menjadi aplikasi berbasis *desktop* menggunakan bahasa pemrograman MATLAB dengan mengambil kasus evaluasi performa hasil segmentasi pembuluh retina dari tugas akhir mahasiswa Teknik Informatika ITS.

# RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengektraksi struktur dari citra biner GT dan MS?
2. Bagaimana membentuk graf *matching* antara himpunan simpul GT dan MS?
3. Bagaimana menghasilkan nilai deteksi dan akurasi deteksi untuk mengukur performa algoritma segmentasi pembuluh retina?
4. Bagaimana membangun aplikasi EPS dengan menggunakan bahasa MATLAB?

# BATASAN MASALAH

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini memiliki beberapa batasan, yakni sebagai berikut:

1. Keefektifan evaluasi performa struktural diukur berdasarkan keakuratan nilai TPR dan FPR yang dihasilkan EPS dibandingkan dengan evaluasi *pixel-wise* pada hasil segmentasi pembuluh retina.
2. Aplikasi dibangun dengan menggunakan bahasa pemrogrman MATLAB.
3. Hasil segmentasi pembuluh retina yang digunakan adalah hasil segmentasi dari tugas akhir mahasiswa Teknik Informatika ITS.

# TUJUAN PEMBUATAN TUGAS AKHIR

Tujuan pembuatan TA ini adalah mengimplementasikan evaluasi performa struktural untuk algoritma deteksi struktur garis lengkung pada kasus evaluasi hasil segmentasi pembuluh retina sebagai pengujian kebenaran evaluasi. EPS terdiri dari dua aspek performa, yaitu nilai deteksi dan akurasi deteksi. Evaluasi ini juga berlaku dalam konteks umum untuk algoritma deteksi struktur garis lengkung 2D dan 3D.

# MANFAAT TUGAS AKHIR

Aplikasi yang dibangun dengan bahasa pemrograman MATLAB ini diharapkan bisa menambah literatur analisis citra, terutama sekali pada citra medis dalam metodologi evaluasi performa algoritma deteksi struktur garis lengkung 2D dan 3D.

# TINJAUAN PUSTAKA

* 1. **Skeletonisasi**

Skeletonisasi merupakan salah satu pemrosesan citra yang digunakan untuk mengurangi suatu daerah (region) untuk memperoleh kerangka (*skeleton*) dari region tersebut. Dengan demikian, citra tersebut ditransformasikan menjadi bentuk struktural atau mengurangi daerah yang tebal atau bergumpal menjadi unit-unit dengan piksel tunggal [[8](#Meg12)].

* 1. **Transformasi Jarak**

Transformasi jarak adalah sebuah operator yang biasanya digunakan pada citra biner. Hasil dari transformasi adalah citra *graylevel* yang tampak mirip dengan citra masukan, kecuali intensitas keabuan dari titik-titik tengah daerah *foreground* yang diubah untuk menunjukkan jarak dari tiap titik ke tepi *foreground* terdekat. Transformasi jarak sangat erat kaitannya dengan sumbu medial dan skeletonisasi [[9](#Rob04)].

* 1. **Graf Bipartit**

Sebuah graf G dinamakan graf bipartit jika simpul-simpulnya terdiri dari dua himpunan dimana tidak ada rusuk yang menghubungkan antar simpul yang berada di dalam himpunan yang sama [[3](#Xia12)].

# RINGKASAN ISI TUGAS AKHIR

Metodologi EPS dikelompokkan ke dalam tiga tahap pengerjaan untuk mendapatkan hasil akhir yaitu nilai TPR dan FPR yang kemudian dibandingan dengan nilai TPR dan FPR hasil evaluasi *pixel-wise*. Tahap pengerjaan digambarkan pada diagram alir Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Digram alir metodologi evaluasi performa struktural

Ekstraksi struktur. Masukan citra biner GT dan MS dikonstruksi menjadi citra *skeleton* GTT dan MST untuk menemukan titik-titik garis tengah dari pembuluh retina yang seterusnya dinamakan dengan *structure point p* untuk GTT dan *q* untuk MST*.* Setelah didapatkan *structure*  *point*  *p* dan *q*, dihitung *distance map* dari GT dan MS dengan cara menentukan jarak Euclidean *d* *structure*  *point*  *p* dan *q* dengan *background*-nya. Dengan begitu, bisa ditentukan luasan *w* untuk setiap *structure point*  *p* dan *q*, yaitu *w* = 2*d*.

Pembentukan graf *matching Ggm*. Bagian yang paling penting dari metodologi ini adalah bagaimana memasangkan sebanyak mungkin *structure* *point* GTT dan MST. Untuk memastikan bahwa *structure* *point* yang dipasangkan adalah sama dan sesuai posisi sertan luasan keduanya maka diformulasikan ke dalam sebuah graf *matching*. *Ggm* adalah graf bipartit yang dibentuk dari dua himpunan simpul *structure* *point* *p* GTT dan *q* MST. Sebuah rusuk merepresentasikan kandidat *match*  antara *structure*  *point*  *p* dan *q*. Setiap rusuk dihubungkan berdasarkan biaya yang bergantung pada jarak *p* dan *q* serta perbedaan luasan keduanya. *Match* yang ingin dicapai adalah *structural matching*, yaitu *match* yang terdiri dari sekumpulan rusukyang menghubungkan maksimal satu dari setiap simpul *p* dan *q* sebagai simpul ujung. Untuk membentuk graf *Ggm* langkah yang harus dikerjakan adalah:

* 1. **Memilih kandidat *match***

Syarat pasangan (*p*,*q*) yang bisa dijadikan kandidat *match* adalah:

* Jarak Euclidean *d*(*p*,*q*) tidak terlalu tinggi.
* *p*,*q* tidak merepresentasikan struktur dari luasan yang berbeda.
* Tidak melebihi nilai dari dua *threshold*, yaitu *d*max dan *w*max.

Maka ditetapkan aturan yang didefinisikan pada Persamaan 1 bahwa pasangan (*p*,*q*) adalah kandidat *match* jika dan hanya jika:

*d*(*p*,*q*) ≤ *d*max ˄ | *wp* – *wq* | ≤ *w*max. (1)

*w*max ditentukan dari GTT, didefinisikan pada Persamaan 2:

*w*max = *cw*  max{ *wp* | *p*GTT }. (2)

Kemudian, *d*max ditentukan dari *w*max, didefinisikan padaPersamaan 3:

*d*max = *cd*  *w*max. (3)

*cw* dan *cd* adalah parameter yang nilainya sudah ditetapkan, dimana *cw* 0.5 dan *cd* 1.

* 1. **Menentukan biaya kandidat *match***

Setiap biaya untuk kandidat *match* *c*(*p*,*q*) harus proporsional dengan *d*(*p*,*q*) dan | *wp* – *wq* | dengan asumsi, biaya dinormalisasi menjadi [0,1] untuk memudahkan pengerjaan tahap pengukuran mutu nantinya. Karena *d*(*p*,*q*) terkait dengan *d*max dan | *wp* – *wq* | dengan *w*max maka biaya didefinisikan pada Persamaan 4:

*c*(*p*,*q*) = 1 [0,1] (4)

Berdasarkan biaya kandidat *match*, maka biaya dari *structural matching* *M* adalah total biaya dari semua *match* antara GTT dan MST yang didefinisikan pada Persamaan 5:

*C*(*M*) = [0,| *M* |] (5)

Setelah mendapatkan kandidat *match* beserta biayanya, kita bisa membentuk graf *Ggm*.

Permasalahan muncul ketika biaya *structural matching* harus sekecil mungkin dan jumlah rusuk harus maksimum, *match* yang seperti ini dinamakan *maximum-cardinality minimum-cost matching*. Oleh karena itu, permasalahan ini diselesaikan dengan membentuk graf *auxiliary* *G’gm* yang nantinya akan memuat sebuah *minimum-cost perfect match*. Setelah mendapatkan *minimum-cost perfect match* pada *G’gm* maka akan diperoleh *maximum-cardinality minimum-cost matching* pada *Ggm*, yang merupakan *optimal structural matching ɱ*.

Pengukuran mutu. Setelah mengkonstruksi GTT dari GT dan MST dari MS, dan kemudian setelah mendapatkan *optimal structural matching ɱ* dari GTT dan MST. Maka untuk mengukur nilai deteksi dan akurasi deteksi disimpulkan dalam *pseudocode* Gambar 3 berikut:



FP dan FN histogram;

**Gambar 3. *Pseudocode* tahap pengukuran mutu**

Untuk performa nilai deteksi yang dihitung adalah TP, FP, FN, TPR, FPR, FNR, dan FP atau FN histogram, tetapi yang akan dibandingkan dengan evaluasi *pixel-wise* hanya nilai TPR dan FPR saja. Selanjutnya untuk akurasi deteksi dilakukan perhitungan untuk nilai:

1. DE, digunakan untuk mengukur kualitas matching dari TP.
2. PE, digunakan untuk mengukur perhitungan posisi yang salah.
3. WE. digunakan untuk mengukur luasan yang salah.

Semakin rendah nilai dari DE, PE, WE maka akurasi algoritma semakin tinggi.

# METODOLOGI

## Penyusunan proposal tugas akhir

Pada proposal tugas akhir ini, penulis mengajukan usulan implementasi evaluasi performa struktural algoritma deteksi struktur garis lengkung 2D dan 3D dengan contoh evaluasi performa hasil segmentasi pembuluh retina. Aplikasi yang akan dibangun adalah aplikasi berbasis *desktop* menggunakan bahasa pemrograman MATLAB dengan mengambil kasus evaluasi performa hasil segmentasi pembuluh retina dari tugas akhir mahasiswa Teknik Informatika ITS.

## Studi literatur

Untuk studi literatur yang penulis gunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini sebagian besar berasal dari *internet* berupa makalah ilmiah, materi kuliah, dan buku referensi.

## Analisis dan desain perangkat lunak

Pada analisis dan desain perangkat lunak akan dijelaskan mengenai analisis kebutuhan dari aplikasi yang dibangun serta detail dari perancangan fungsional sistem, data, maupun antarmuka yang akan dibuat dalam tugas akhir ini, yaitu antara lain:

Analisis Kebutuhan

Definisi Umum Aplikasi

Perancangan Fungsionalitas Aplikasi

* 1. Fungsionalitas Aplikasi
  2. Cara Kerja Aplikasi

Perancangan Antarmuka

1. Antarmuka Jendela Utama
2. Antarmuka Jendela Ekstraksi Struktur
3. Antarmuka Jendela Evaluasi Performa
4. Antarmuka Jendela Perbandingan Hasil Evaluasi

## Implementasi perangkat lunak

Pada implementasi perangkat lunak akan dijelaskan kode program dari Aplikasi EPS yang dikembangkan dalam tugas akhir ini, yaitu menggunakan bahasa pemograman MATLAB dengan kakas bantu GUI MATLAB. Kode program telah dibagi menjadi beberapa fungsi dan setiap fungsi akan diberikan keterangan tentang maksud dari kode tersebut. Fungsi pada aplikasi EPS:

Menampilkan jendela utama dari aplikasi EPS kemudian memilih citra biner masukan GT dan MS dari dokumen penyimpanan.

Menampilkan hasil ektrasksi struktur citra biner GT dan MS menjadi citra *skeleton* GTT dan MST.

Menampilkan nilai dari dua aspek performa evaluasi performa struktural yaitu nilai deteksi: TP, FP, FN, TPR, FPR, FNR, dan FP atau FN histogram, dan akurasi deteksi: DE, PE, dan WE.

Menampilkan perbandingan nilai TPR dan FPR antara evaluasi struktural dengan *pixel-wise*.

## Pengujian dan evaluasi

Pada proses pengujian dilakukan uji coba kemudian dijelaskan pula hasil evaluasi dari proses uji coba tersebut, untuk setiap fungsionalitas aplikasi EPS pada dua hasil segmentasi MS1 dan MS2 yang diuji secara bergantian. Pengujian dimulai dari tahap ektraksi struktur, dilanjutkan dengan menghitung evaluasi performa sehingga didapatkan nilai deteksi dan akurasi deteksinya.

## Penyusunan Buku Tugas Akhir

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan yang menjelaskan dasar teori dan metode yang digunakan dalam tugas akhir ini serta hasil dari implementasi aplikasi perangkat lunak yang telah dibuat. Sistematika penulisan buku tugas akhir secara garis besar antara lain:

1. Pendahuluan
   1. Latar Belakang
   2. Rumusan Masalah
   3. Batasan Tugas Akhir
   4. Tujuan
   5. Metodologi
   6. Sistematika Penulisan
2. Tinjauan Pustaka
3. Desain dan Implementasi
4. Pengujian dan Evaluasi
5. Kesimpulan dan Saran
6. Daftar Pustaka

# JADWAL KEGIATAN

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tahapan | 2013 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oktober | | | | November | | | | Desember | | | | Januari | | | | |
| Penyusunan Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Studi Literatur |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Perancangan sistem |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Implementasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pengujian dan evaluasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Penyusunan buku |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# DAFTAR PUSTAKA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Bharkad and Kokare, "Performance evaluation of distance metrics," *Pattern Recognation Artificial Intelligent*, vol. 25, no. 6, pp. 777-806, 2011. |
| [2] | Heath, Sarkar, Sanocki, and Bowyer, "A robust visual method forassesing the relative performance of edge-detection algorithms," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 12, pp. 1338-1359, 1997. |
| [3] | X. Jiang, M. Lambers, and H. Bunke, "Structural Performance Evaluation of Curvilinear Structure Detection Algorithms," *Pattern Recognition Letters*, vol. 33, no. 15, pp. 2048-2056, Nov. 2012. |
| [4] | Niemeijer, B. v. Ginnecken, and C. M.J., "Retinopathy online challenge: Automatic detection of microaneurysms in digital color fundus photographs," *IEEE Transaction Medical Image*, vol. 29, no. 1, p. 185–195, 2010. |
| [5] | S. U. Lee, S. Y. Chung, and R. H. Park, "A comparative performance study of several global thresholding techniques for segmentation," *Computer Vision, Graphics,and Image Processing*, no. 52, p. 171–190, 1990. |
| [6] | S. J.A, "Performance evaluation and analysis of monocular building extraction from aerial imagery," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, no. 4, p. 311–326, 1999. |
| [7] | B. Fang, X. You, Y. Y. Tang, and W. S. Chen, "Morphological structure reconstruction of retinal vessels in fundus images," *International Journal Pattern Recognation Artificial Intelligent*, vol. 19, no. 7, p. 937–948, 2005. |
| [8] | M. T. Putri. (2012, May) Gunadarma. [Online]. <http://repository.gunadarma.ac.id/handle/123456789/1229> |
| [9] | R. Fisher, S. Perkins, A. Walker, and E. Wolfart. (2004, Mar.) HIPR2. [Online]. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/distance.htm> |