

**LAPORAN PENELITIAN KOMPETITIF
TAHUN ANGGARAN 2016**

**OBJECTIVE MEASUREMENT FOR EDGE AND LINE ORIENTED CONTOUR
DETECTION**

Nomor DIPA	:	DIPA BLU: DIPA-025.04.2.423812/2016
Tanggal	:	31 Agustus 2016
Satker	:	(423812) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
Kode Kegiatan	:	(2132) Peningkatan Akses, Mutu, Kesejahteraan dan Subsidi Pendidikan Tinggi Islam
Kode Sub Kegiatan	:	(008) Penelitian Bermutu
Kegiatan	:	(004) Dukungan Operasional Penyelenggaraan Pendidikan

OLEH

Dr. Cahyo Crys dian, MCS (197404242009011008)

Bayu Adhi Nugroho, MKom (197905182014031001)



**KEMENTERIAN AGAMA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LP2M)
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2016**

PERNYA HALAMAN PENGESAHAN LITSIAN

Laporan Penelitian ini disahkan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Pada tanggal 31 Agustus 2016

Nama
NIP

197404242009011008

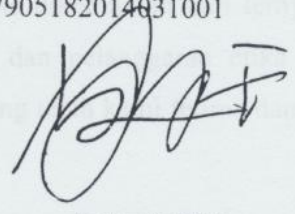
Pangkat/Gol Ruang
Fakultas/Jurusan

Lektor / 3D Peneliti
SAINTEK / Teknik Informatika

Ketua : Dr. Cahyo Crysdian
197404242009011008



Anggota I : Bayu Adhi Nugroho, MKom
197905182014031001



Ketua LP2M

UIN Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Hj. Mufidah Ch., M.Ag.
NIP. 196009101989032001



PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Cahyo Crysdian
NIP : 197404242009011008
Pangkat /Gol.Ruang : Lektor / 3D
Fakultas/Jurusan : SAINTEK / Teknik Informatika
Jabatan dalam Penelitian : Ketua Peneliti

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata dalam penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan dan pelanggaran etika akademik, maka kami bersedia mengembalikan dana penelitian yang telah kami terima dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 31 Agustus 2016



Dr. Cahyo Crysdian

197404242009011008

ABSTRAK

Pentingnya deteksi kontur telah diakui oleh para peneliti di dunia, dan puluhan metode telah diusulkan. Namun tidak ada metode tertentu sesuai dengan berbagai kondisi gambar digital yang dapat ditemui. Sebagian besar waktu serta pekerjaan yang membosankan diperlukan untuk memilih metode terbaik dari puluhan metode yang ada hanya untuk mendapatkan metode yang paling tepat untuk mendapatkan kontur objek dari gambar digital yang diamati. Setelah kontur objek dilokalisasi, proses analisis citra lebih lanjut akan dapat dihitung secara efisien. Kondisi ini berbeda dengan persepsi visual manusia yang mempekerjakan deteksi kontur sebagai proses awal dengan konsumsi energi minimal sebelum melakukan analisis visual lengkap. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja yang secara otomatis dapat mendeteksi kontur objek secara optimal dengan memilih metode terbaik untuk setiap kondisi citra input. Konsumsi energi yang efisien akan dicapai dengan menerapkan mekanisme berbasis pengambilan keputusan berbasis multi kriteria. Hasil eksperimen yang telah dilakukan mencapai akurasi 76,47% untuk mendeteksi objek penyusun serangkaian gambar digital.

Kata kunci: Deteksi kontur, analisa citra, visi computer, pengambilan keputusan berbasis multi criteria

ABSTRACT

The importance of contour detection has been acknowledged by researchers worldwide, and indeed dozens of methods have been introduced. However there is no single method suit with various conditions of digital images. Most of the time, a tedious work to select best method from dozens is required only to derive the most appropriate objects contour from a digital image. Once an object contour is recognized, further image analysis process can be computed efficiently. This condition is in contrast with human visual perception which employs contour detection as a preliminary process with minimal energy consumption before conducting exhaustive visual analysis. Therefore this research aims to develop a framework to automatically detecting optimum object contour by selecting the best method for each condition of input image. Efficient energy consumption will be achieved by applying mechanism based on multi criteria decision making. Experimental result achieves 76.47% accuracy for detecting object composing a set of digital images.

Keywords: Contur detection, image analysis, computer vision, multi criteria decision making

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Persepsi visual menjadi topik yang menarik untuk diteliti saat ini karena perkembangan teknologi informasi dan internet yang menggabungkan teknologi visual secara besar-besaran. Saat itu adalah umum untuk melihat perangkat bervariasi yang dilengkapi dengan kamera atau fasilitas-visual terkait lainnya seperti GPS (Global Positioning System), Multimedia Player, dan Image Gallery. Oleh karena itu pertumbuhan data meningkat visual yang secara eksponensial baik dalam ukuran data yang membutuhkan penyimpanan yang jauh lebih besar, serta dalam kualitas data karena meningkatnya resolusi perangkat baru-baru ini. Disamping membuka kesempatan untuk mengeksplorasi data yang lebih luas, kondisi ini menjadi beban untuk perhitungan. ukuran yang lebih besar dari data yang berarti perhitungan untuk menganalisa data akan menuntut lebih banyak konsumsi waktu, sementara resolusi yang lebih tinggi berarti lebih banyak aspek yang harus dimasukkan ke dalam perhitungan, sehingga kompleksitas algoritma akan meningkat juga.

Para peneliti telah mengakui persepsi visual manusia sebagai contoh yang luar biasa untuk melakukan analisis data visual (Nixon & Aguado, 2008), maka strategi untuk menghadapi kondisi di atas adalah dengan meniru bagaimana data visual menganalisis manusia. bukti klinis membuktikan bahwa kemampuan manusia untuk mengembangkan persepsi pada kontur adalah komponen penting menuju pengakuan benda (Papari & Petkov, 2011), itu berarti tidak adanya persepsi kontur akan membuat pasien benar-benar tidak dapat mengenali objek. Jadi deteksi kontur menjadi proses penting untuk analisis data visual khususnya untuk pengenalan obyek. Para peneliti memang telah menemukan bahwa deteksi kontur menjadi komponen penting untuk banyak proses analisis citra seperti analisis medis gambar, pengakuan isyarat, dan analisis penggunaan lahan berdasarkan foto satelit. Sejak saat itu banyak metode untuk mendeteksi kontur telah diusulkan sampai sekarang (Papari & Petkov, 2011; Verma et al 2011;. Somkantha et al, 2011; Koren & Yitzhaky, 2006; Becerikli & Karan, 2005). Namun aplikasi terbaru dari visi komputer menunjukkan ketidakmatangan deteksi kontur terutama untuk mendukung proses analisis citra lebih lanjut. Alih-alih menyederhanakan konten gambar, berbagai macam metode untuk mendeteksi kontur sering

mengganggu atau bahkan menghancurkan struktur objek yang menyusun gambar digital. Berbagai bukti experiment menunjukkan bahwa objek yang dihasilkan kurang bermakna atau bahkan tidak mewakili isi dari citra sering diproduksi oleh analisis citra karena deteksi kontur yang memiliki unjuk kerja yang rendah (Rodriguez & Shah, 2007; Somkantha et al, 2011; Tong, 2014; Amirgaliyev et al, 2014). Oleh karena itu penting untuk mengukur kualitas kontur yang dihasilkan dari metode deteksi tepi sebelum dipasok ke proses analisis citra lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan pengukuran kualitas kontur untuk menemukan metode deteksi kontur yang paling akurat jika diberikan satu set koleksi gambar yang dimiliki.

1.2. Pertanyaan Penelitian

Beberapa metode telah diusulkan untuk mengukur kualitas kontur terdeteksi seperti evaluasi deteksi tepi obyektif (Yitzhaky & Peli, 2003), seleksi otomatis parameter detektor tepi (Koren & Yitzhaky, 2006), dan pendekatan statistik untuk tepi tanpa pengawasan peta scoring (Gimenez et al, 2014). Namun upaya ini sangat tergantung pada ketersediaan kebenaran referensi yang berbeda secara signifikan untuk tiap koleksi gambar yang tersimpan. Dengan demikian pengukuran kualitas kontur yang ada tidak akan mungkin dilakukan secara otomatis dalam mendapatkan metode deteksi yang terbaik jika diberikan satu set koleksi gambar yang dimiliki tanpa kebenaran referensi. Oleh karena itu pertanyaan penelitian yang dibangkitkan dari penelitian ini adalah:

- Apakah mungkin untuk mengukur kualitas kontur jika diberi satu set gambar tanpa dilengkapi dengan kebenaran referensi?
- Parameter apa yang dapat digunakan untuk secara akurat dan obyektif mengukur kualitas kontur dari gambar tersedia?
- Seberapa akurat hasil dari metode yang diusulkan (metode yang mempekerjakan parameter yang diperoleh dari pertanyaan penelitian kedua)?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Untuk membuktikan bahwa upaya untuk mengukur kualitas kontur tanpa dilengkapi kebenaran referensi dapat dilakukan.
- Untuk menentukan parameter terbaik yang secara akurat dan obyektif menunjang upaya pengukuran kualitas kontur.
- Untuk mengukur akurasi metode yang diusulkan.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini didefinisikan sebagai berikut:

- Satu set koleksi gambar yang dimiliki yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi dalam ukuran gambar untuk menghemat penggunaan memori.
- Karena banyak metode populer dalam pengolahan citra dan visi komputer yang dibangun pada aplikasi MATLAB, penelitian ini menggunakan MATLAB sebagai alat utama untuk mengembangkan kode pemrograman serta dalam membangun system deteksi tepi yang full automatic. Pendekatan ini bertujuan untuk memfasilitasi perbandingan berbagai metode dalam percobaan yang dilakukan.

1.5. Urgensi Penelitian

Aplikasi pengolahan citra dan visi komputer telah dicatat mampu meningkatkan kualitas kehidupan manusia. Para peneliti bahkan percaya bahwa pengolahan citra dan visi komputer menjadi pelengkap dari persepsi visual manusia, karena masing-masing membawa kelebihan dan manfaat (Nixon & Aguado, 2008) sendiri. Oleh karena itu para peneliti telah mengembangkan banyak metode di bidang pengolahan citra dan visi komputer sejak usia dini dari komputer, khususnya di bidang pemahaman gambar. Di tengah keyakinan bahwa komputer akan membantu orang dalam memahami data visual, banyak hasil penelitian mengungkapkan kesulitan dan kompleksitas untuk memproses data visual karena sifat diskrit sementara pada kenyataannya benda disimpan di gambar tidak diskrit. Entah bagaimana

mereka berkorelasi secara fisik. Kompleksitas algoritma yang dikembangkan untuk memahami gambar datang dari kebutuhan untuk mencari dan mengklasifikasikan data diskrit dalam jangka satu set piksel yang terkandung dalam citra digital untuk mengikuti sifat fisik mereka. Oleh karena itu, sampai sekarang sulit untuk menyebutkan setiap aplikasi yang berhasil menetapkan pemahaman gambar otomatis. Jika ada aplikasi yang sukses, biasanya menjadi rahasia dan digunakan untuk usaha prioritas tinggi seperti forensik AS.

Sementara itu persepsi visual manusia telah dicatat superior untuk memahami gambar. Namun itu tidak dirancang untuk memproses ton data visual. Di sisi lain, informasi yang luar biasa melalui data visual yang disediakan oleh pihak yang berbeda berasal dari internet dan komunitas mobile. Oleh karena itu menerapkan kognisi visual manusia untuk visi komputer menjadi fokus penelitian ini. Karena terbukti secara klinis bahwa kognisi visual manusia terutama didasarkan pada persepsi objek kontur (Papari & Petkov, 2011), mengembangkan deteksi kontur adaptif yang mengakui kondisi lokal koleksi gambar yang dimiliki akan memungkinkan analisis otomatis pada ton data visual ada saat ini.

BAB 2. LITERATURE REVIEW AND ROADMAP

2.1. Penelitian Terkait

Telah ada upaya luar biasa untuk melakukan penelitian pada bidang deteksi kontur, dan banyak dan beragam metode telah diusulkan pada bidang ini. Para peneliti telah mengetahui secara luas bahwa kontur obyek yang terkandung dalam citra digital dapat diperoleh secara tradisional melalui pendekatan orde pertama dari turunan gambar yang dimasukkan sebagai input system, yaitu berkaitan dengan tepi dari obyek yang dihitung menggunakan Persamaan 1 dibawah ini.

$$\nabla I = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y} \right) \quad (1)$$

Komputasi pada Persamaan 1 membatasi variasi luas piksel tetangga yang secara langsung maupun tidak langsung berpotensi mempengaruhi pembentukan kontur dari obyek yang terkandung di dalam gambar input. Oleh karena itu para peneliti telah mengusulkan pendekatan lain berdasarkan konvolusi seperti dilakukan oleh para peneliti sebagai berikut antara lain Roberts (1963), Sobel (1970) dan Prewitt (1970) yang dihitung menggunakan Persamaan 2, dengan k adalah kernel konvolusi yang dioperasikan pada gambar masukan. Proses konvolusi ini seperti halnya pada Persamaan 1 digunakan untuk mendapatkan orde pertama dari turunan gambar sebagai berikut.

$$\nabla I = kI \quad (2)$$

Percobaan menunjukkan bahwa pendekatan ini menghadapi kesulitan untuk mendapatkan tepi objek untuk berbagai koleksi gambar yang dimiliki khususnya dalam kondisi gambar bernoise. Oleh karena itu para peneliti mengusulkan mekanisme yang sanggup bertahan pada kondisi gambar bernoise seperti Laplacian dari Gaussian (LOG) (Marr & Hildreth, 1980) dan Canny (1986). Berbeda dengan metode derivatif orde pertama, pendekatan ini mendeteksi zero-crossing dari derivatif orde kedua dari gambar masukan untuk mendapatkan kontur objek. Meskipun pendekatan ini terbukti secara experiment lebih baik dari pendekatan

sebelumnya berbasis derivative orde pertama. Namun berbagai penelitian juga menunjukkan beragam kesulitan terkait dengan pendekatan ini yaitu terutama pada saat metode ini digunakan untuk merespon berbagai macam kondisi koleksi gambar yang dimiliki, terutama gambar dengan tepi obyek yang samar atau tidak jelas, serta gambar yang memiliki berbagai obyek bertekstur seperti motif batik.

Kondisi di atas mendorong peneliti untuk mengusulkan berbagai pendekatan lain untuk mendeteksi kontur objek. Beberapa upaya bahkan menggabungkan kecerdasan buatan dalam mekanisme mereka seperti Becerikli dan Karan (2005) yang mengusulkan sistem deteksi tepi berbasis fuzzy, dan Verma et al (2011) yang mengusulkan deteksi tepi berdasarkan teknik perkembangan dan pembiakan bakteri menjadi bakteri baru. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja dari kedua pendekatan yang diusulkan tidak memiliki pengaruh signifikan untuk peningkatan unjuk kerja jika dibandingkan dengan metode lama yang telah diusulkan sebelumnya seperti Canny, LOG, Sobel dll Sementara itu pendekatan yang diusulkan oleh Rodriguez dan Shah (2007) untuk segmentasi obyek manusia pada scenario dikeramaian berasumsi bahwa manusia adalah isotropik, oleh karena itu metoda yang diusulkan diinisialisasi dengan satu set postur siluet. Namun pendekatan ini masih menunjukkan hasil yang tidak optimal serta mencapai akurasi yang rendah.

Pendekatan lain yang diusulkan oleh Somkantha et al (2011) menyajikan mekanisme yang berbeda untuk mendeteksi kontur objek. Metode ini melakukan deteksi tepi menggunakan algoritma yang berasal dari mekanisme metode snake, yaitu segmentasi gambar berbasis nilai gradien intensitas dan fitur tekstur gradien. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pendekatan ini hanya mampu menghasilkan batas objek terluar meskipun ada banyak objek yang terkandung dalam gambar digital. Selain itu, pendekatan ini sangat tergantung pada pembentukan dan penempatan model awal yang harus terletak dengan benar yaitu berada secara keseluruhan di dalam atau di luar obyek yang akan dideteksi. Oleh karena itu pendekatan ini rentan terhadap kesalahan karena harus mengikuti tepi obyek secara cermat. Selain itu pendekatan ini sangat tergantung dengan edge map obyek untuk mengembangkan kontur di mana nilai tepi yang dihasilkan kadang-kadang sangat lemah untuk gambar yang bernoise atau bertekstur.

Karena beragam kondisi koleksi gambar yang dimiliki memiliki beragam kondisi yaitu dari tepi yang bernoise sampai tepi yang kabur atau bahkan tepi yang tersamar, untuk gambar yang memiliki tekstur yang kuat serta dominan, maka beragam strategi dalam deteksi tepi akan memberikan bahkan meningkatkan kompleksitas algoritma yang digunakan. Sekelompok peneliti di bidang ini kemudian mampu untuk mengukur kualitas kontur yang dihasilkan. Upaya untuk mengukur performa kontur yang dihasilkan dimulai oleh Yitzhaky dan Peli (2003) dan kemudian diikuti oleh Koren dan Yitzhaky (2006) yang mengusulkan evaluasi obyektif hasil deteksi tepi untuk menentukan pilihan parameter terbaik dipasang ke metode deteksi tepi tertentu. Penelitian ini namun tidak cukup sensitif untuk menangani bernoise dan gambar yang memiliki tekstur yang dominan. Pendekatan lain untuk mengukur kontur seperti telah dilakukan oleh Wang et al (2006) sangat tergantung pada banyak ground truth yang didapat secara manual, oleh karena itu penerapannya sangat dipertanyakan oleh para peneliti karena koleksi gambar yang dimiliki yang berbeda akan membutuhkan kebenaran referensi yang berbeda-beda pula.

Baru-baru ini Gimenez et al (2014) mengusulkan satu set pengukuran untuk mengevaluasi kualitas kontur melalui keseimbangan indeks dan entropi indeks. Metode ini menggunakan pendekatan statistik berdasarkan Kolmogorov-Smirnov untuk mengukur edge map. Namun pendekatan ini belum mempertimbangkan penggunaan kontur dalam jangka tepi untuk proses analisis citra lebih lanjut. Oleh karena itu pengembangan lebih lanjut masih diperlukan untuk menghasilkan definisi kontur yang baik yang berguna untuk proses analisis citra.

2.2. Evaluasi Kinerja Deteksi Tepi

Pengenalan Gambar of Merit (FOM) oleh Abdou & Pratt (1979) yang dirumuskan sebagai Persamaan 1 menjadi tonggak untuk pengukuran kinerja deteksi tepi. Mekanisme ini diselenggarakan dengan membandingkan edge map berasal dari proses deteksi terhadap kebenaran referensi didefinisikan sebelumnya. Biasanya kebenaran referensi dikembangkan oleh interpretasi manual kontur obyek berdasarkan persepsi manusia, dan dalam beberapa kasus melibatkan bahkan para ahli manusia seperti dokter untuk menafsirkan gambar medis. Meskipun ketergantungan pada kebenaran referensi, FOM telah sering digunakan hingga saat ini karena kesederhanaannya. Namun sulit untuk selalu menghasilkan kebenaran referensi

untuk gambar acak, terutama untuk koleksi besar bank gambar. Hal ini bahkan mungkin untuk menggabungkan metode ini untuk menemukan optimum edge map terbaik dari beberapa gambar acak dengan cara otomatis sejak intervensi manusia selalu dibutuhkan untuk menghasilkan kebenaran referensi. Sebagai perbandingan, sistem visual manusia mampu untuk menemukan tepi dari adegan visual yang berbeda tanpa kebenaran referensi. Sehingga ketergantungan pada kebenaran referensi menjadi kelemahan utama dari metode ini.

Apalagi terungkap kelemahan lain dari FOM seperti kemungkinan untuk menghasilkan hasil yang sama pengukuran dari kondisi tepi yang berbeda (Besuijen & Heyden, 1989; Baddeley, 1992). Sebuah pendekatan untuk mengatasi masalah ini telah dikembangkan oleh Besuijen & Heyden (1989) dengan mengusulkan mekanisme untuk mengenali satu set kesalahan tepi seperti piksel pengungsi, tepi berlebihan dan kesalahan clustering. Pendekatan lain untuk meningkatkan FOM diusulkan oleh Baddeley (1992) yang menggunakan modifikasi Hausdorff metrik dan memperkenalkan Δ sebagai metrik untuk mengukur kualitas khas dari dua gambar biner. Namun Hidalgo dan Massanet (2011) secara empiris membuktikan bahwa FOM masih lebih unggul dibandingkan dengan Baddeley Δ metrik.

Kanungo et al (1995) mengukur secara kuantitatif kinerja deteksi tepi dengan memperkenalkan satu set metrik yaitu probabilitas misdetection, probabilitas alarm palsu, probabilitas kesalahan dan kontras ambang batas. Perhitungan metrik ini membutuhkan dua set gambar masukan yang terdiri dari satu set gambar dengan target deteksi, dan set lain tanpa target namun dengan adegan yang sama. Misdetection kemudian didefinisikan sebagai keputusan yang mengklaim bahwa gambar input tidak mengandung sasaran di mana pada kenyataannya hal itu terjadi, sementara alarm palsu mengklaim bahwa gambar input berisi sasaran di mana pada kenyataannya tidak. Penerapan pendekatan ini masih dipertanyakan karena hanya diuji untuk satu target yaitu untuk mendeteksi ada atau tidak adanya garis lurus di tengah gambar. Selain memerlukan campur tangan manusia untuk menyediakan dua set gambar input dengan dan tanpa sasaran yang memiliki adegan yang sama untuk memungkinkan perhitungan metrik. Persyaratan terakhir membuat metrik sulit untuk digunakan dalam penggunaan praktis.

Ji & Haralick (1999) mengembangkan pendekatan yang berbeda untuk mengevaluasi kinerja deteksi tepi. Bukan langsung mengevaluasi edge map, mereka mempekerjakan pengukuran kinerja tidak langsung dengan menghitung varians dari kernel konvolusi. Meskipun kinerja

kernel konvolusi yang berbeda dapat diakui, namun itu tidak mewakili kinerja nyata dari detektor tepi untuk mengekstrak tepi. Tidak mungkin untuk menggunakan metrik ini untuk mengungkapkan kualitas edge map yaitu apakah mengandung tepi yang tepat mewakili isi gambar.

Yitzhaky & Peli (2003) menggunakan pendekatan statistik untuk mengembangkan korespondensi antara perlakuan yang berbeda untuk gambar masukan yang disebut pilihan parameter deteksi tepi. Dalam penelitian ini pemilihan parameter meliputi pendekatan yang berbeda dari gambar tambahan dan tepi deteksi. korespondensi digunakan untuk membangun diperkirakan kebenaran referensi yang akan digunakan untuk memilih pendekatan yang terbaik. Meskipun pendekatan yang kuat untuk mencapai otomatisasi untuk mendirikan kebenaran referensi, pendekatan ini namun dikembangkan kebenaran referensi hanya berdasarkan pilihan dominan tepi piksel dengan satu set parameter edge detector. Oleh karena itu hilang pinggiran karena mengaburkan intensitas citra yang paling mungkin akan terjadi karena hanya beberapa detektor tepi memiliki cukup kepekaan untuk mengenali mereka sebagai ujung piksel. Jika terdapat tepi terdeteksi dari intensitas kabur, itu tidak akan dianggap sebagai tepi signifikan meskipun mereka mewakili objek yang sebenarnya. Selain itu evaluasi edge map didirikan pada tingkat piksel, sehingga metrik ini tidak akan mengakui pembangunan seluruh tepi apakah mereka benar-benar mewakili bentuk objek atau hanya menyajikan suara.

Koren & Yitzhaky (2006) meningkatkan kinerja Yitzhaky & Peli (2003) dengan memasukkan pendekatan spasial untuk mendukung operasi dari pendekatan statistik. Berikut pendekatan spasial digunakan untuk membangun peta saliency yang menghasilkan kurva lebih lama dan lebih halus. Peta saliency kemudian diberikan kepada mekanisme ambang batas untuk menghasilkan edge map. Sisa dari metode ini adalah untuk mengikuti Yitzhaky & Peli (2003) dengan mengembangkan diperkirakan kebenaran referensi berdasarkan pendekatan statistik dan akhirnya untuk memilih yang terbaik parameter deteksi. Hasilnya namun acuh tak acuh dengan Yitzhaky & Peli (2003). Probabilitas bahwa tepi pixel sebenarnya mewakili suara sangat tinggi. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya banyak tepi yang belum selesai yang tidak benar-benar mengelilingi objek gambar.

Baru-baru ini Gimenez et al (2014) mengusulkan kompleksitas ukuran statistik untuk mengevaluasi kualitas edge map di mana kompleksitas C didefinisikan sebagai kombinasi

keseimbangan index \mathcal{E} dan indeks entropi H . Meskipun metode ini telah berhasil melepaskan diri dari ketergantungan dari kebenaran referensi, namun hilang pola tepi akan membuat kesalahan dalam pengukuran. Oleh karena itu tindakan pencegahan harus diambil untuk memastikan pola tepi lengkap telah digunakan. Selain itu hasil eksperimen disampaikan banyak tepi signifikan dalam jangka tepi loop pendek dan terbuka karena indeks Entropi. jenis tepi pasti tidak akan memberikan kontribusi untuk setiap proses analisis citra lebih lanjut.

Ornelas et al (2015) mengusulkan Indeks kabur untuk evaluasi kinerja. Mereka berpendapat bahwa metode saat evaluasi tepi membuang informasi penting yang terkandung dalam tingkat pixel karena mereka biasanya beroperasi di edge map yang dikenal sebagai citra biner. Penerapan metode ini namun dipertanyakan karena itu diuji hanya pada gambar sintetik. Selain itu metode ini masih tergantung pada kebenaran referensi seperti pendahulunya.

2.3. Research Roadmap

Penelitian di bidang pendeteksian dan pengembangan kontur dari obyek visual ini telah dilakukan sejak tahun 2009 di Computer Vision Laboratory, Jurusan Teknik Informatika UIN Maliki Malang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Setiap tahunnya penelitian ini menghasilkan beragam prestasi sebagai berikut:

- Pada tahun 2009, mekanisme untuk membangun multi operator gradien dilaksanakan. Hasilnya diterbitkan pada ICTS 2009.
- Pada tahun 2010, integrasi operator gradien morfologi matematika untuk membangun perbaikan citra dikembangkan. Hasilnya diterbitkan pada SITIA 2010.
- Pada tahun 2011, pengembangan analisis gambar berdasarkan DAS transformasi untuk lebih pengolahan hasil tambahan dikembangkan sebelumnya. Hasilnya diterbitkan pada SEIE 2011.
- Pada tahun 2012, penelitian difokuskan untuk segmentasi generik dicapai pada gambar medis dengan menggunakan gradien multi operator tapi akurasi karena kondisi gambar bervariasi menjadi perhatian utama. Hasilnya diterbitkan pada JNIT 2012.

- Pada tahun 2014, penelitian berusaha untuk mengeksplorasi metode yang ada untuk kondisi gambar yang agak berbeda diperoleh dari gambar merek dagang. Meskipun aplikasi CBIR berhasil membangun, namun akurasi menjadi perhatian utama di bagian analisis sejak kondisi gambar bervariasi ditemukan pada peningkatan dan segmentasi panggung. Hasilnya diterbitkan dalam IEEE EECCIS 2014.
- Pada tahun ini (2016), penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan otomatis dan tujuan pengukuran untuk mengukur hasil dari perbaikan citra dalam hal kualitas kontur. Hasil yang diharapkan menjadi komponen penting untuk mencapai target akhir dari penelitian di bidang ini yaitu untuk mengembangkan segmentasi generik dan sepenuhnya otomatis untuk pengenalan obyek.

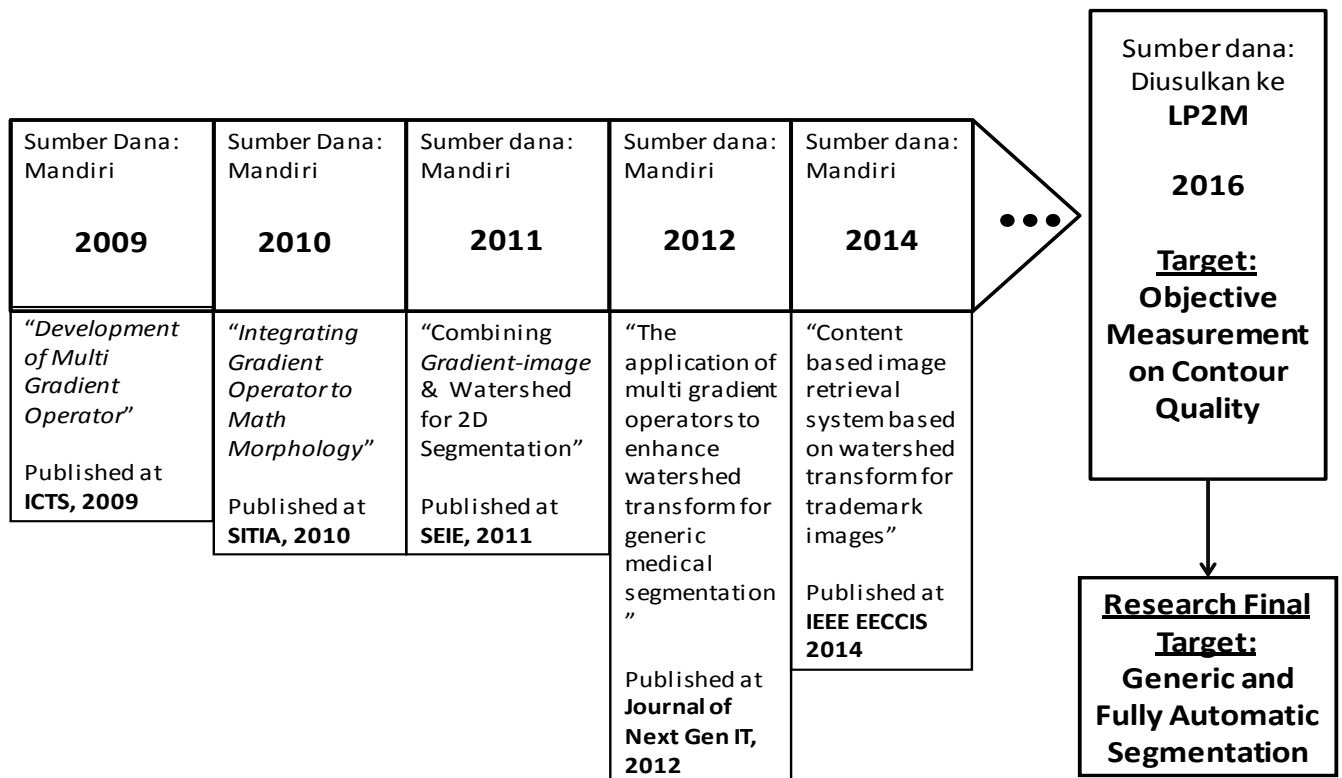


Figure 1. Research roadmap

BAB 3. RESEARCH METHODOLOGY

Pengukuran kualitas kontur sangat diminati serta sangat berkembang pada waktu belakangan ini. Dalam hal ini penelitian deteksi kontur dimotivasi karena banyak faktor yang berpengaruh seperti perbedaan kondisi koleksi gambar yang dimiliki. Banyaknya metode telah diusulkan dalam bidang ini menunjukkan aktifnya penelitian deteksi kontur, dan yang lebih penting adalah peran vital deteksi kontur untuk mendukung banyak proses di bidang analisis citra dan pemahaman gambar. Penelitian ini mengikuti Papari dan Petkov (2011) yang mengasumsikan bahwa terdapat metode yang banyak tersedia untuk deteksi kontur memiliki kemampuan penanganan kondisi yang berbeda dari koleksi gambar yang dimiliki. Namun karena kondisi yang lebih bervariasi dari koleksi gambar yang dimiliki, adalah sangat sulit (jika kita tidak ingin menyebutkan tidak mungkin) untuk menemukan metode yang tepat tanpa menempatkan banyak upaya untuk mengekstrak kontur objek dari koleksi gambar yang dimiliki seperti ditunjukkan oleh banyak hasil eksperimen (Rodriguez & Shah, 2007; Somkantha et al, 2011; Tong, 2014; Amirgaliyev et al, 2014). Oleh karena itu penting untuk mengembangkan metode untuk secara otomatis memilih deteksi kontur yang terbaik.

Di sini kita berpendapat bahwa parameter tertentu yang berasal dari pendekatan tata ruang memiliki peran penting untuk mengukur kualitas kontur. Oleh karena itu parameter-parameter tersebut akan berguna untuk menyelesaikan tugas ini. Parameter ini akan mengungkapkan karakteristik kontur dan dengan demikian mereka menjadi atribut kontur. Setiap atribut kontur akan memiliki pengaruh yang berbeda untuk mengukur kualitas kontur, maka adanya pembobotan akan diterapkan untuk setiap atribut. Komputasi atribut yang dilakukan secara bersama-sama dengan bobot atribut akan dimanfaatkan melalui pengambilan keputusan multi-kriteria seperti yang dirumuskan dalam tahap research instrument. Hal ini akan mengungkapkan atribut yang paling signifikan untuk pengukuran kontur. Pekerjaan dalam penelitian ini akan meneruskan penelitian dari Gimenez di al (2014) dengan merumuskan mekanisme otomatis untuk memilih metode deteksi kontur terbaik untuk setiap koleksi gambar yang dimiliki.

3.1. Research Design

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengidentifikasi parameter terbaik dalam melaksanakan evaluasi kualitas kontur yang dihasilkan oleh berbagai algoritma deteksi tepi, dalam hal ini satu set algoritma deteksi tepi terdiri dari pasangan algoritma image enhancement dan edge detector. Diagram skematik dari desain penelitian diberikan pada Gambar 2 yang meliputi lima tahap utama yaitu data collection, pengembangan alternative proses, pengukuran parameter kinerja, seleksi output serta evaluasi kinerja deteksi tepi.

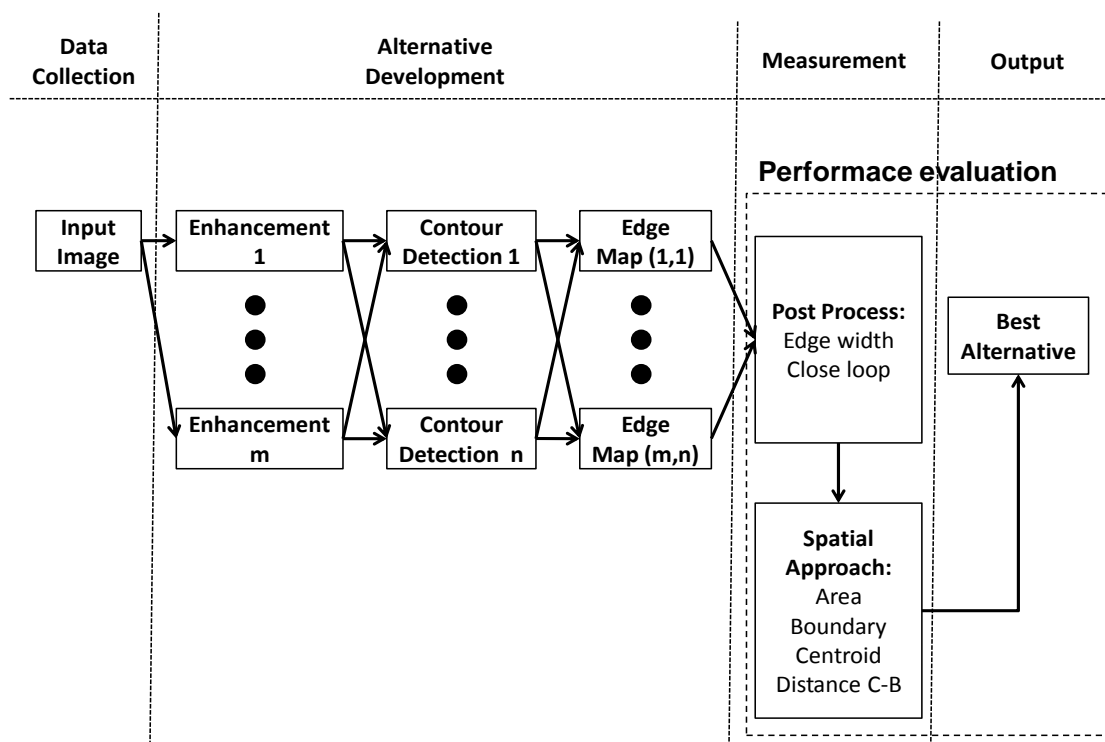


Figure 2. Research Design

Dalam penelitian ini lima tahapan utama yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:



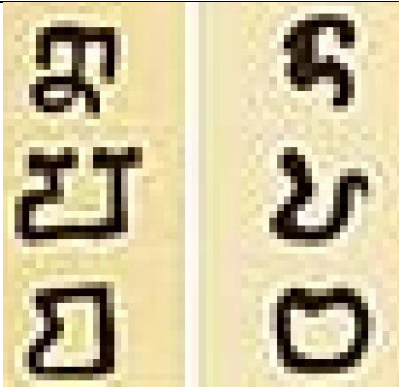
a. Data Collection





Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data set yang mewakili berbagai koleksi gambar yang dimiliki. Langkah ini sangat penting untuk dilakukan mengingat bahwa gambar yang dikumpulkan harus menyajikan objek latar depan yang dominan. Oleh




karena itu gambar yang tidak memiliki objek yang dominan seperti foto satelit yang dikeluarkan dari berbagai data set seperti Google Earth tidak dapat digunakan di penelitian ini.

Untuk menindaklanjuti langkah ini, koleksi data dari berbagai prasasti di Indonesia digunakan dalam penelitian ini seperti diperlihatkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil koleksi data

Index	Image	Jumlah obyek
Data 1		6
Data 2		6
Data 3		6

Data 4		6
Data 5		2
Data 6		1
Data 7		1

Data 8		2
Data 9		1
Data 10		3

b. Alternatives Development

Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan dan mengatur sebanyak mungkin alternatif proses untuk mendeteksi kontur objek yang terkandung dalam gambar digital. Proses yang disusun terdiri dari kombinasi proses peningkatan citra dan proses deteksi kontur. Oleh karena itu, jika ada sejumlah m proses image enhancement dan n deteksi kontur, akan ada $m \times n$ proses alternatif untuk membentuk edge map yang akan menghasilkan $m \times n$ edge map. Namun demikian dalam penelitian ini hanya memasukkan tiga alternative proses untuk meminimalisasi waktu yang diperlukan oleh running time aplikasi yang dikembangkan. Dalam penelitian ini hanya digunakan dua buah preprocessing dan sebuah deteksi tepi, yaitu untuk preprocessing digunakan thresholding dan highpass filter sedangkan untuk deteksi tepi digunakan Canny edge detector. Oleh karena itu alternatif proses yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

- i. Thresholding dan Canny edge detector (alternative 1)
- ii. Canny edge detector saja (alternative 2)
- iii. Highpass filter dan Canny edge detector (alternative 3)

c. Pengukuran parameter kinerja

Tahap ini bertujuan untuk mengukur kinerja setiap edge map yang dihasilkan pada tahap sebelumnya. Dua proses utama yang diadakan untuk memungkinkan pengukuran kinerja yaitu proses pasca-deteksi dan proses evaluasi berdasarkan pendekatan spasial. Maksudnya dimaksudkan untuk memudahkan proses terakhir dengan meningkatkan penyajian kontur dalam hal lebar tepi dan penutupan, sedangkan yang kedua adalah evaluasi terhadap kualitas kontur. Hal ini diadakan dengan menggunakan satu set parameter pengujian berdasarkan pendekatan spasial seperti daerah kontur, batas, pusat massa, dan jarak antara pusat massa dan batas tepi obyek.

Pengembangan evaluasi kinerja untuk detektor tepi dibahas dalam bagian ini yang meliputi tahapan sebagai berikut:

- Identifikasi latar belakang

Evaluasi kinerja maju dimaksudkan untuk mengukur parameter yang terkait dengan keberadaan hanya tepi dan benda-benda yang dihasilkan oleh detektor tepi. Sementara latar belakang gambar selalu ada di antara benda-benda yang terdapat di edge map seperti yang dibahas di bagian sebelumnya, dalam hal ini $\text{background} \subset \text{FNE}$. Oleh

karena itu, penting untuk mengidentifikasi latar belakang yang terkandung dalam edge map untuk mengecualikan dari objek lain. Langkah ini adalah untuk memungkinkan pengukuran yang benar dari objek gambar. Untuk menyelesaikan tugas ini mekanisme berikut dikembangkan.

Meskipun persepsi manusia masih mampu mengenali latar belakang untuk gambar ini namun pembahasan tentang masalah ini di luar skope laporan penelitian ini. Oleh karena itu jika kondisi seperti dijelaskan di atas ditemukan pada data yang digunakan, maka dalam hal ini aplikasi yang dikembangkan cenderung untuk mengklasifikasikan latar belakang sebagai objek.

- Pengembangan metrik

Satu set parameter yang berasal dari edge map akhir setelah bagian latar belakang gambar telah diidentifikasi dan diisolasi. Parameter ini menjadi metrik untuk evaluasi kinerja sebagai berikut:

- Panjang tepi

Panjang tepi selalu menjadi aspek penting menuju pengukuran tepi seperti diketahui oleh beberapa peneliti (Koren & Yitzhaky, 2006; Gimenez et al, 2014). Karena tidak ada ujung loop terbuka telah meninggalkan tetap karena Aksioma 1 konsep tepi seperti yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya, setiap keberadaan tepi akan menunjukkan adanya objek sejak tepi selalu menjadi batas-batas objek. Maka panjang tepi akan berkontribusi baik ukuran atau jumlah objek ada di gambar.

- Jumlah tepi

Gimenez et al (2014) menyatakan bahwa kinerja dicapai dengan cara mencocokkan keseimbangan terhadap indeks entropi, dimana mantan dipenuhi oleh tepi stabil panjang sedangkan yang kedua mewakili kekayaan informasi yang terkandung dalam edge map. Namun banyak tepi pantas yang sebagian besar diwakili kebisingan yang paksa dimasukkan oleh pendekatan ini untuk indeks entropi terpenuhi. Untuk menentang praktek ini, jumlah tepi disajikan sebagai metrik untuk dimasukkan dalam evaluasi kinerja. Strategi ini memberikan manfaat untuk menyajikan kekayaan informasi yang terkandung dalam edge map dan di sisi lain masih mempertahankan konsep tepi sebagai batas objek sebagaimana dinyatakan dalam Aksioma 1. Algoritma untuk menghitung

metrik ini terdiri dari dua tahap yaitu pengindeksan ujung-ujungnya yang terkandung dalam FE dan dilanjutkan dengan merekam indeks terbesar sebagai jumlah tepi.

- Ukuran objek

Hal ini penting untuk mengukur ukuran objek karena parameter ini langsung mewakili kinerja detektor tepi karena Aksioma 1 konsep tepi. Meskipun ukuran objek tidak selalu berkorelasi dengan kualitas deteksi tepi, ukuran namun besar objek cenderung memberikan objek yang bermakna dan deteksi yang baik sedangkan ukuran kecil objek sebagian besar dihasilkan dari kebisingan atau objek berarti.

- Jumlah objek

Selain mengukur ukuran objek, juga penting untuk mengukur jumlah objek ada dalam edge map. Dan mirip dengan jumlah tepi, metrik ini juga merupakan kekayaan informasi yang diberikan oleh detektor tepi kolam edge map. Berikut tahapan yang diperlukan untuk memungkinkan pengukuran metrik ini yaitu objek pengindeksan yang terkandung dalam FNE dan dilanjutkan dengan merekam indeks terbesar sebagai sejumlah objek.

d. Output Selection

Tahap ini menjadi kesimpulan dari pengukuran. Hal ini diselesaikan dengan memilih kualitas kontur yang terbaik berdasarkan satu set parameter pengujian yang dijelaskan pada tahap sebelumnya. Dengan mengenali edge map yang mengandung kualitas kontur terbaik, proses alternatif terbaik untuk mendeteksi kontur dengan mudah bisa didefinisikan.

e. Evaluasi kinerja deteksi tepi

Tahap ini bertujuan untuk mengukur ketepatan parameter pengujian tertentu didefinisikan dalam tahap Pengukuran. Hal ini diadakan dengan memodifikasi satu set parameter pengujian, dan kemudian masing-masing kinerja parameter pengujian diukur dalam jangka waktu dua aspek yaitu akurasi untuk mendapatkan kontur terbaik dan kehandalan untuk menangani kondisi yang berbeda dari koleksi gambar yang dimiliki. Pada akhir tahap ini, yang terbaik parameter pengujian akan ditentukan berdasarkan akurasi dan keandalan pengukuran. Mekanisme evaluasi kinerja deteksi tepi adalah dikembangkan berdasarkan pada multi kriteria pengambilan keputusan dengan memasukkan metrik dijelaskan di bagian sebelumnya. Ini adalah jumlah tertimbang

seederhana Model (WSM) dan model produk tertimbang (WPM) yang digunakan sebagai algoritma untuk menjadi tuan rumah perhitungan. Berikut metrik menjadi kriteria masukan dari WSM dan WPM, dengan berat masing-masing kriteria diperoleh dari trial and error.

3.2. Research Instrument

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Contour attributes**

Atribut kontur didefinisikan sebagai satu set parameter yang mewakili karakteristik kontur. Akuisisi atribut kontur dipegang oleh komputasi edge map menggunakan pendekatan spasial. Saat ini beberapa parameter yang ditetapkan untuk menulis kontur atribut yaitu jumlah tepi, jumlah objek non-edge, panjang tepi, daerah non-tepi, batas non-edge, non-tepi massa, dan jarak antara pusat massa ke batas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan yang terbaik parameter menyusun atribut kontur. Berikut istilah parameter terbaik berarti parameter deivering dampak yang paling signifikan terhadap pengukuran kualitas kontur. Mekanisme untuk memilih parameter terbaik yang mewakili atribut kontur diadakan bersama-sama dengan definisi parameter berat diberikan dalam instrumen penelitian berikutnya.

- **Parameters weight**

Parameter berat mendefinisikan peran masing-masing atribut kontur untuk mengukur kualitas kontur. Oleh karena itu akan ditugaskan untuk setiap parameter menyusun atribut kontur. Untuk mendapatkan yang terbaik parameter berat badan, mekanisme berulang berdasarkan pada pembuatan multi-keputusan kriteria seperti tertimbang sum Model (WSM) atau model produk tertimbang (WPM) digunakan untuk mengukur kualitas dan untuk mencocokkan hasilnya dengan kualitas kontur yang telah ditentukan. Dengan asumsi bahwa WSM digunakan untuk menghitung parameter berat badan, mekanisme akan memenuhi Persamaan 3, dengan Q menunjukkan kualitas kontur, w menunjukkan berat untuk setiap parameter p.

$$Q = \sum_{i=1}^n w_i p_i \quad (3)$$

Perlu dicatat bahwa perhitungan dalam Persamaan 3 akan membutuhkan kebenaran referensi untuk menentukan yang terbaik parameter berat. Berikut kebenaran referensi menjadi pra-ditentukan kualitas kontur.

- **Accuracy & Reliability**

Akurasi dan keandalan menjadi instrumen terakhir untuk mempekerjakan dalam penelitian ini. Tujuan dari instrumen ini adalah untuk mengungkapkan kinerja atribut kontur tertimbang yang ditetapkan oleh instrumen sebelumnya. Berikut akurasi penawaran dengan keputusan yang benar dibuat oleh kontur tertimbang atribut untuk mengukur kualitas kontur dan yang lebih penting untuk menentukan mekanisme deteksi kontur yang terbaik untuk setiap koleksi gambar yang dimiliki yang diberikan. Sementara kehandalan berarti atribut kontur yang telah ditetapkan masih menghasilkan pengukuran yang baik ketika memproses kondisi koleksi gambar yang bervariasi baik dalam rupa tekstur yang memperkompleks susunan obyek dalam gambar maupun gambar bernoise yang membuat obyek penyusun gambar menjadi kabur..

3.3. Uji Coba

Langkah-langkah uji coba yang telah dilakukan untuk mengevaluasi aplikasi yang dikembangkan adalah sebagai berikut:



- Mengolah hasil koleksi data dengan alternative proses yang terdiri dari preprocessing dan deteksi tepi untuk membentuk edge map.
- Melakukan enhancement pada edge map yang terbentuk pada tahap 1 sehingga didapatkan hanya edge yang tertutup (memiliki loop yang tertutup) serta memiliki lebar yang minimal.
- Memisahkan edge map menjadi dua komponen utama yaitu edge atau tepi dan non-edge atau obyek dari gambar.
- Menghilangkan background sebagai salah satu penyusun non-edge atau obyek, sehingga hanya tertinggal komponen obyek utama saja dari semua non-edge yang ada.
- Melakukan evaluasi performa edge map berdasarkan komponen obyek sebagai criteria utama dalam uji coba ini dengan menggunakan pendekatan multi criteria decision making berdasarkan mekanisme weighted sum model seperti diperlihatkan pada

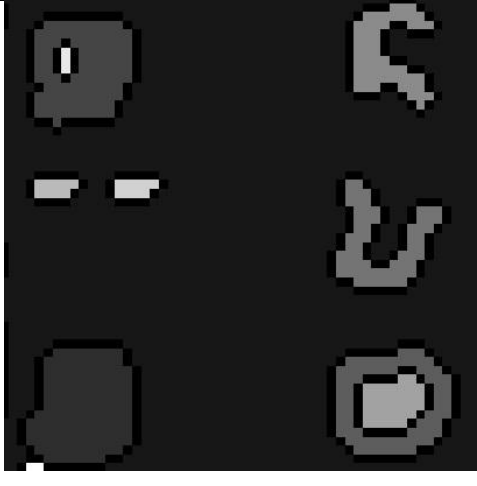
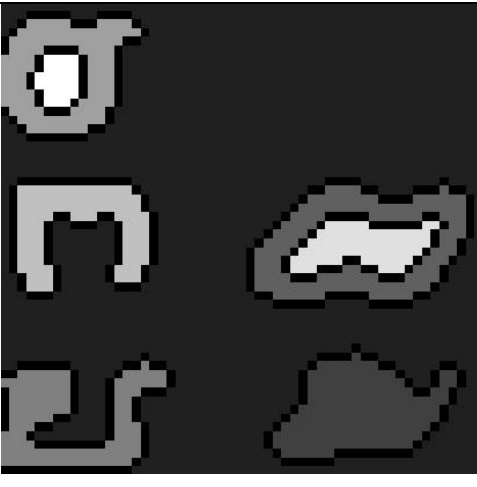


Persamaan 3. Dalam hal ini criteria yang digunakan adalah ukuran obyek yang diukur dari jumlah pixel penyusun masing-masing obyek. Sementara itu bobot yang digunakan diatur mengikuti deret hitung sebagai berikut: 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625 dst. Penentuan bobot tersebut digunakan mengingat jumlah obyek yang dapat dihasilkan dari alternative proses yang telah dikembangkan sangat bervariasi, dari satu sampai puluhan obyek.



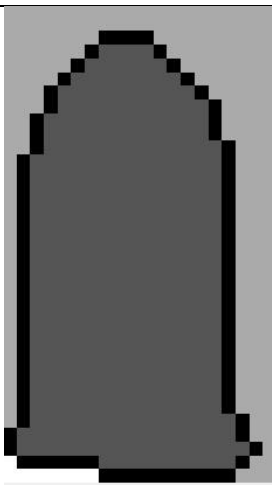

- Melakukan perankingan kinerja berdasarkan uji performa dalam langkah sebelumnya, dengan acuan bahwa prioritas tertinggi menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan alternative proses lainnya.

Hasil uji coba diperlihatkan pada Tabel 2 berikut ini. Dari hasil uji coba pada Tabel 2 dan dibandingkan dengan Tabel 1, serta diukur berdasarkan acuan jumlah obyek dapat dihitung bahwa metode yang dikembangkan memiliki akurasi sebesar 76.47%.

Tabel 2. Hasil uji coba

Index	Image	Jumlah obyek
Data 1		6
Data 2		4

Data 3				5
Data 4				5
Data 5				1
Data 6				1

Data 7		1
Data 8		0
Data 9		1
Data 10		2

3.4. Pembahasan

Banyak literatur telah ditulis untuk merumuskan definisi dari tepi obyek yang terkandung dalam sebuah gambar digital seperti dilakukan oleh Abdou & Pratt (1979) yang menyatakan bahwa tepi adalah perubahan lokal atau diskontinuitas dalam gambar yang ditandai dengan perubahan atribut seperti aspek pencahayaan yang meliputi intensitas cahaya dan perubahan tekstur. Memang banyak peneliti telah mengikuti definisi ini untuk membangun mekanisme detektor tepi seperti Becerikli & Karan (2005) dan Papari et al (2011). Namun baru-baru ini kinerja seperti ditunjukkan oleh Gimenez et al (2014) masih memberikan banyak tepi yang kurang berarti yaitu meliputi tepi loop pendek dan terbuka. Jenis tepi ini tidak mewakili keberadaan objek yang terdapat dalam sebuah gambar dan oleh karena itu akan tidak berguna jika digunakan pada proses analisis citra pada tahap lebih lanjut seperti segmentasi obyek dan pengenalan karakteristiknya. Di sini kita berpendapat bahwa mekanisme deteksi tepi yang ada serta definisi perumusan tepi telah menyebabkan berbagai kesalahan analisis citra yang meliputi deteksi yang tidak efektif dari tepi obyek yang terkandung dalam gambar digital.

Sementara itu Koren & Yitzhaky (2006) mampu menciptakan definisi yang efektif namun sedikit berbeda dari definisi tepi yang ada, di mana tepi didefinisikan sebagai batas antara objek dan latar belakang. Definisi ini sejalan dengan Verma et al (2011) yang menyatakan keberadaan tepi ditandai dengan diskontinuitas atau variasi yang signifikan dalam intensitas atau tingkat abu-abu gambar. Berdasarkan definisi ini, apa yang diyakini oleh Abdou & Pratt (1979) dan semua peneliti lain sebagai tepi belum tentu dapat diklasifikasikan sebagai tepi karena perubahan lokal dalam intensitas atau atribut lokal lainnya. Hal ini hanya merupakan indikasi dari kehadiran tepi pada sebuah posisi gambar. Ada kemungkinan bahwa hal itu tidak mewakili tepi objek, dan mungkin ada bagian lain dari gambar yang lebih terkait dengan hal tersebut seperti timbulnya noise atau isi dalam objek yang bertekstur. Oleh karena itu penting untuk mengungkapkan sifat tepi dan objek yang terkandung dalam gambar digital.

Di sini kita memperluas definisi Koren & Yitzhaky (2006) untuk menjadi "tepi adalah batas antara objek yang berdekatan atau antara obyek dan latar belakang" di mana obyek didefinisikan sebagai wilayah gambar yang mewakili entitas dari dunia nyata dan menjadi fokus yang menarik. Dengan demikian objek atau benda selalu menjadi latar depan dari sebuah gambar digital. Sementara latar belakang didefinisikan sebagai semua benda-benda

lain yang terkandung dalam gambar yang tidak menjadi fokus perhatian. Definisi tepi ini memiliki kesamaan dengan definisi dari beberapa kamus bahasa Inggris. Dalam kamus Bahasa Inggris, tepi didefinisikan sebagai titik terjauh dari objek jika ditinjau dari pusat obyek, yaitu titik yang berada tepat diantara batas horizontal dan vertikal. Ini berarti memproyeksikan titik tepi ke segala arah akan membuat batas paling luar dari objek gambar. Hal ini menunjukkan keberadaan objek yang selalu dikelilingi oleh tepi dari obyek tersebut.

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa tepi selalu menciptakan batas objek. Karena itu setiap objek selalu menciptakan ruang tertutup, sehingga presentasi tepi harus dalam bentuk garis loop tertutup. Berdasarkan aksioma ini, setiap baris loop terbuka tidak dapat dianggap sebagai tepi karena mereka melanggar prinsip dasar tepi sebagai batas objek. Meskipun Gimenez et al (2014) mengklasifikasikan jalur loop terbuka yang dihasilkan oleh detektor tepi sebagai tepi, aksioma ini masih sejalan dengan definisi mereka pada indeks entropi yang berarti lebih banyak informasi yang diberikan oleh deteksi tepi untuk memperkaya keberadaan objek. Oleh karena itu setiap baris loop terbuka dapat diklasifikasikan sebagai atribut dari objek seperti kerutan obyek, dan karenanya mereka menjadi bagian dari objek.

Karena tepi merupakan representasi dari garis sesuai dengan definisi di atas, tepi harus memiliki lebar minimal yaitu memiliki satu lebar pixel. Aksioma ini memungkinkan lokalisasi optimal bentuk objek. Oleh karena itu setiap tepi yang memiliki lebar lebih dari satu pixel harus menjalani mekanisme penyusutan untuk mengurangi lebarnya tapi tetap mempertahankan panjangnya. Dengan cara ini, algoritma untuk menipis pola digital seperti Zhang & Suen (1984) tidak dapat digunakan karena adanya kemungkinan untuk mengurangi panjang edge dalam mekanisme penipisan yang mereka terapkan.

Edge map terdiri dari satu set tepi dan satu set non-tepi yang mewakili batas objek dan objek itu sendiri masing-masing yang terkandung dalam gambar. Sementara penyajian objek dalam satu set non-tepi terdiri dari keberadaan latar belakang yang mewakili objek dan latar belakang itu sendiri. Latar belakang adalah jenis objek yang biasanya dikelilingi oleh beberapa tepi yang terkandung dalam edge map. Karakteristik ini adalah unik dibandingkan dengan objek yang biasanya hanya memiliki keunggulan batas.

BAB 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari pengembangan aplikasi ini, hasil uji coba serta pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Evaluasi kinerja deteksi tepi tanpa menggunakan kebenaran referensi adalah mungkin untuk dilakukan dengan acuan bahwa tepi adalah batas antara obyek dengan obyek lainnya. Oleh karena itu definisi tepi menjadi sangat vital dalam menentukan keberhasilan dari aplikasi evaluasi kinerja deteksi tepi mengingat deteksi tepi menghasilkan dua komponen utama yaitu tepi itu sendiri serta obyek penyusun gambar yang dibatasi oleh tepi.
- b. Komponen obyek yang dihasilkan dari deteksi tepi adalah parameter utama yang dapat menunjukkan kinerja algoritma deteksi tepi. Hal ini disebabkan karena komponen obyek memiliki referensi batas atas yaitu ukuran gambar sebagai penjumlahan dari semua obyek yang ada. Oleh karena itu komponen obyek merupakan parameter penting untuk menunjukkan kinerja deteksi tepi.
- c. Uji coba untuk mengukur performa metode yang telah dikembangkan telah dilakukan dengan hasil bahwa metode yang dikembangkan memiliki akurasi sebesar 76.47%.

REFERENSI

- Amirgaliyev B, Kairanbay M, Kenshimov Ch, & Yedilkhan D. (2014). Development of automatic number plate recognition system. *Computer Modelling & New Technologies* 2014 18(3) 193-197.
- Becerikli Y, & Karan TM. (2005). A new fuzzy approach for edge detection. Springer Verlag Berlin Heidelberg: J. Cabestany, A. Prieto, and DF. Sandofal (Eds.): IWANN 2005, LNCS 3512, 943-951, 2005.
- Canny J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions in Pattern Analysis and Machine Intelligence* 8(6) 679-698, Nov 1986.
- Gimenez J, Martinez J, & Flesia AG. (2014). Unsupervised edge map scoring: A statistical complexity approach. *Elsevier Computer Vision and Image Understanding* 122 (2014) 131-142.
- Koren R, & Yitzhaky Y. (2006). Automatic selection of edge detector parameters based on spatial and statistical measures. *Elesvier Computer Vision and Image Understanding* 102 (2006) 204-213.
- Marr D, & Hildreth E. (1980). Theory of edge detection. *Proceedings of Royal Society London B* 207 (1167) 187-217.
- Nixon MS, & Aguado AS. (2008). *Feature extraction and image processing* 2nd Ed. Elsevier Academic Press, ISBN: 978-0-12372-538-7.
- Papari G, & Petkov N. (2011). Edge and line oriented contour detection: state of the art. *Elsevier Image and Vision Computing* 29 (2011) 79-103.
- Prewitt JMS. (1970). Object enhancement and extraction. Book: B. Lipkin, A. Rosenfeld (Eds) Academic, New York, 1970.
- Roberts LG. (1963). *Machine perception of three-dimensional solids*. Outstanding Dissertations in the Computer Sciences, Garland publishing, New York, 1963.
- Rodriguez MD & Shah M. (2007). Detecting and Segmenting Humans in Crowded Scenes. ACM 978-1-59593-701-8/07/0009, MM'07, September 23-28, 2007, Augsburg, Bavaria, Germany.
- Sobel IE. (1970). Camera models and machine perception. PhD Thesis: Stanford University, Standfort, CA, USA, 1970.
- Somkantha K, Umpon NT, & Auephanwiriyaikul S. (2011). Boundary detection in medical images using edge following algorithm based on intensity gradient and texture gradient

features. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 58, No. 3, 567-573, March 2011.

Tong C. (2014). A novel edge detection method based on 2-D Gabor wavelet. *Computer Modelling & New Technologies* 2014 18(8) 153-157.

Verma OP, Hanmandlu M, Kumar P, Chhabra S, & Jindal A. (2011). A novel bacterial foraging technique for edge detection. *Elsevier Pattern Recognition Letters* 32 (2011) 1187-1196.

Yitzhaky Y, & Peli E. (2003). A method for objective edge detection evaluation and detector parameter selection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 25, No. 8, 1027-1033, August 2003.