PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DAN KLASIFIKASI VOLUME ANEURISMA SEREBRAL MENGGUNAKAN *COLOR CLASSIFICATION* PADA CITRA ANGIOGRAM

Design of Detection System and Cerebral Aneurysm Volume Classification using Color Classification on Angiogram Image

Raihan Nur Fadhlillah[1], Rita Magdalena Ir., M.T.[2], Hilman Fauzi TSP S.T., M.T.[3]
[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]raihannurfadhlillah@gmail.com [2]rta@telkom.ac.id [3]hilman.fauzitsp@gmail.com

Abstrak

Aneurisma Serebral adalah kelainan *cerebrovascular* dimana terjadi penggembungan pada dinding pembuluh darah akibat menipis dan melemahnya pembuluh darah pada otak sehingga dinding pembuluh darah menjadi lebar. Dewasa ini aneurisma didiagnosa dan diidentifikasi menggunakan citra medis seperti *Angiography,* CT *Scan*, maupun MRI, namun metode tersebut bergantung pada ketelitian pengamat.

Pada penelitian ini telah dirancang sistem deteksi dan klasifikasi volume aneurisma serebral. Proses dimulai dengan mengakuisisi video hasil DSA kedalam format AVI untuk dijadikan input sistem. Dilanjutkan dengan mengambil *frame of interest* dari *video input* lalu merubahnya menjadi citra *greyscale* dan mendapatkan *area of interest* yang dirubah ke dalam citra *bw* untuk dijadikan citra input proses deteksi. Selanjutnya pengukuran aneurisma dengan pendekatan diameter dan mengklasifikasikan setiap ukuran aneurisma ke dalam 4 kelas. Setelah mendapatkan hasil deteksi dan pengukuran, indikator warna akan diberikan terhadap klasifikasi ukuran aneurisma.

Berdasarkan hasil pengujian dengan rata-rata akurasi sebesar 98.096% bahwa pemilihan *frame interest* optimal pada frame terakhir karena zat kontras berada di area aneurisma. Penggunaan subtraksi *background* pada proses deteksi area of interest mendapatkan hasil akurat. Pada saat *threshold level* 1.7, sistem optimal karena menghilangkan objek yang tidak akan ditinjau. Penggunaan *strel* 12, lebih memperhalus dan memperkuat bentuk dari aneurisma sehingga mendekati bentuk dan ukuran aslinya.

Kata kunci: Aneurisma serebral, DSA, Volume, Klasifikasi

Abstract

Cerebral Aneurysm is cerebrovascular anomaly where there's conflation on artery due to diminish and weaken on brain's artery so become widen. Nowadays this aneurysm diagnosed and identified by using medical image such as Angiography, CT scan, or MRI but method's depends on observer's precision.

This research was designed detection system and aneurysm cerebral classification volume. Starts with acquiring DSA video result into avi format to become system input. Then continue with taking frame of interest from video input and change into greyscale image and obtaining area of interest that has been modified in bw image for input of detection process. And measurement on cerebral aneurysm with diameter approach and classifying every aneurysm size into 4 class. After acquire detection and measurement result then color indicator given to aneurysm size classification.

Based on test results with accuracy average 98.096% that the detection of cerebral aneurysms can be done by selecting the frame interest at the time of the contrast agent completely enter into the area of the aneurysm. Background subtraction even more optimally used because it exposes an area of the aneurysm Morphological operations greatly affect the measurement process, because kesalan in the measurement of the error will impact on the classification and provision of color indicator.

Keywords: Cerebral Aneurysm, DSA (Digital Subtraction Angiography), Volume, Classification, Color Indicator

1. Pendahuluan

Aneurisma Serebral adalah suatu kelainan *cerebrovaskular* dimana terjadi penggembungan pada dinding pembuluh darah akibat dari menipis dan melemahnya pembuluh darah pada otak sehingga dinding pembuluh darah menjadi lebar. Penggembungan ini terjadi akibat dari tekanan darah yang relatif tinggi mengalir menuju pembuluh darah pada otak. Kondisi ini biasa terjadi di persimpangan atau percabangan arteri pada otak yang biasa disebut dengan lingkaran willis *(Circle of Willis)* [1]. Aneurisma serebral menyebabkan sakit kepala yang luar biasa dan dapat disertai dengan muntah-muntah. Volume aneurisma bisa bertambah sehingga aneurisma bisa pecah dan terjadi pendarahan pada otak yang berdampak masalah yang lebih serius.

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk merancang sistem deteksi aneurisma serebral menggunakan input DSA *(Digital Subtraction Angiography)* untuk mengetahui volume aneurisma serebal saccular dengan pendekatan diameter. Penilitian ini diharapkan dapat menambah keyakinan tim medis diagnosis tim medis agar menjadi lebih akurat dan efisien, sehingga tim medis dapat melakukan pecegahan dan penanganan dengan cepat dan tepat.

2. Dasar Teori

2.1 Aneurisma Serebral (Cerebral Aneurysm)

Aneurisma cerebral adalah suatu kelainan *Cerebrovaskular* yang menyebabkan terjadinya pelebaran dinding pembuluh darah pada otak yang disebabkan oleh melemahnya dinding pembuluh darah [1]. Berdasarkan studi atas pembuluh darah, menunjukkan bahwa aneurisma terjadi karena adanya pelemahan pada bagian tengah dari pembuluh darah yang disebut dengan *tunica media* [2]. Aneurisma sering terjadi pada bifurkasi pada arteri di pangkal otak yang disebut sebagai lingkaran willis (*Circle of Willis)* [4].

2.2 DSA

Teknik *Digital Subtraction Angiography* (DSA) adalah penyempurnaan dari teknik *Angiography* tradisional. Prinsip kerjanya masih menggunakan paparan sinar-X disertai penyuntikan zat kontras pada pembuluh darah arteri. Penyempurnaan dilakukan dalam pengambilan citra pembuluh darah. Pada teknik *Angiography* konvensional, selain diperoleh citra pembuluh darah, diperoleh juga citra dari struktur jaringan lain yang ada di sekitar pembuluh darah seperti tulang dan otot. Hal ini menyebabkan munculnya kesulitan dalam proses diagnosis pembuluh darah. Dengan teknik DSA, citra struktur jaringan lain di sekitar pembuluh darah dapat dihilangkan dan hanya menyisakan bagian pembuluh darah saja [3].

2.4 Pengolahan Citra

2.4.1 Frame Interest

Frame interest adalah frame yang didapat dari proses ekstraksi video input untuk mendapatkan sebuah citra yang selanjutnya akan digunakan sebagai citra input sistem. Frame interest, berisi tentang subjek utama dari sistem atau biasa disebut dengan POI (*Point of Interest*). Sebagai contoh pada penelitian tugas akhir ini, Frame interest diharuskan berisi gambar zat kontras berada di area aneurisma serebral.

2.4.2 Area of Interest

Area of Interest didefinisikan sebagai suatu area dalam citra yang mengandung informasi berguna atau POI (*Point of Interest*). *Area of interest* didapatkan dari *frame interest* dengan ekstraksi ciri. *Area of Interest* bertujuan untuk memilih area subjek utama kemudian membuang daerah yang tidak perlu agar terlihat mana subjek utama pada sistem ini. Sebagai contoh pada penelitian tugas akhir ini, *Area of Interest* diharuskan berisi gambar zat kontras berada di area aneurisma serebral dan menghilangkan daerah yang tidak diperlukan seperti tulang, otot, dll.

2.4.3 Teknik Pengurangan

a. Subtraksi *Frame Difference*
   Pengurangan pada citra ini merupakan operasi dengan cara saling mengurangkan 2 atau lebih matriks yang berukuran sama agar mendapatkan subjek utama pada sistem. Pada penelitian ini, akan mengurangkan setiap frame sesudah dengan frame sebelumnya dan diharapkan bisa melihat pergerakan dari zat kontras untuk dijadikan sebagai *area of interest.*

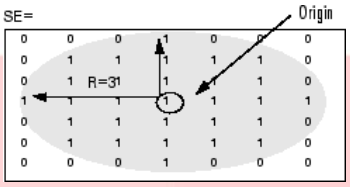
b. Substraksi *Background*

Subtraksi *background* adalah teknik pengurangan citra dimana citra interest dikurangkan dengan background. Pada penelitian ini, b*ackground* diambil dari frame pertama. Frame pertama adalah gambar scan kepala manusia dimana zat kontras belom disuntikan, oleh karena itu ketika mengurangkan frame interest yang sudah dilewati oleh zat kontras dengan *background*, maka hasil yang didapatkan hanyalah *area of interest.*

2.4.4 Operasi Morfologi

Kata morfologi secara sederhana dapat diartikan sebagai bentuk dan struktur suatu objek. Operasi morfologi menggunakan dua input himpunan yaitu suatu citra (pada umumnya citra biner) dan suatu kernel. Khusus dalam morfologi, istilah kernel bisa disebut elemen pembentuk struktur (*structuring element / SE).* SE merupakan suatu matriks dan pada umumnya berukuran kecil[5].

Contoh dari bentuk structuring element yang dapat dibuat menggunakan fungsi *strell*, lihat pada gambar 2.



2.4.5 Pewarnaan Citra Model RGB

RGB adalah teknik pewarnaan dengan pengkombinasian 3 warna dasar yaitu merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*). Teknik pewarnaan dalam *Computer Vision* semuanya dikuantisasi dengan nilai 0 sampai 255, termasuk komponen merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*).

Gabungan ketiga warna tersebut dengan nilai berbeda-beda akan menghasilkan warna yang berbeda pula, apabila ketiga warna tersebut diset dengan nilai 0, maka warna hitam yang muncul, sebaliknya warna putih akan muncul ketika ketiga warna tersebut diset dengan nilai 255 [3]. Gambar 2.6 menunjukan diagram teknik pewarnaan RGB.

2.5 Penilaian Kualitatif

Analisa performansi yang digunakan adalah analisa kualitatif yaitu dengan penilaian bersifat subyektif. Dari percobaan tersebut sehingga responden dapat mengetahui kekurangan dan kelebihan dari aplikasi tersebut. Skala rating yang digunakan untuk penilaian adalah sebagai berikut:

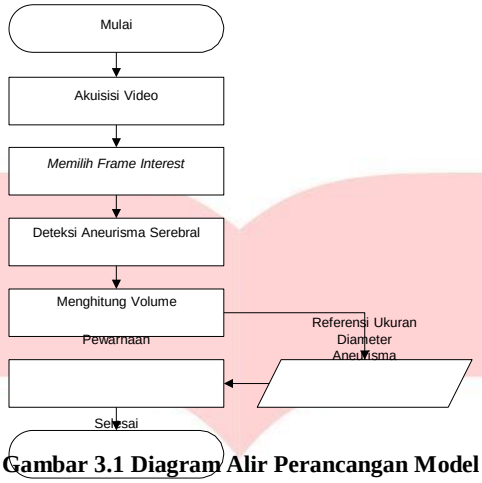
Tabel 2.1 Skala Penilaian Kualitatif

MOS	Kategori	Deskripsi
5	Sangat Baik	Hasil letak aneurisma sesuai dan ukuran sesuai
4	Baik Cukup	Hasil letak aneurisma sesuai dan ukuran hampir sesuai
3	Kurang Baik	Hasil letak aneurisma hampir sesuai dan ukuran hampir sesuai
2	Buruk	Hasil letak aneurisma hampir sesuai dan ukuran tidak sesuai
1		Hasil letak aneurisma tidak sesuai dan ukuran tidak sesuai

3. Pembahasan

3.1 Desain Model Sistem

Sebelum pembuatan sistem maka terlebih dahulu dibuat suatu diagram alir atau flowchart. Diagram alir ini adalah tahapan-tahapan proses dalam pembuatan sistem agar nantinya lebih memudahkan dalam pembuatan sistem. Perancangan sistem ini digunakan untuk membuat struktur langkah – langkah program.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Model

3.1.1 Akusisi

Tahap akusisi merupakan proses penting dalam pembuatan sistem. Video input didapatkan dari hasil citra CTA dengan menggunakan metode DSA. Hasil dari metode tersebut selanjutnya akan dilakukan konversi format dari DICOM ke format AVI menggunakan software *MicroDicom.*

3.1.2 *Frame Interest*

Dalam subsistem ini sistem akan membaca file video dengan format AVI berjenis RGB. Tahap *Pre-processing* akan memilih frame dari video yang akan dijadikan sebagai frame interest. Frame interest diambil pada saat zat kontras disuntikan pada pasien dan melewati pembuluh darah di otak. Zat kontras membuat citra *rontgen* pembuluh darah tampak lebih jelas. Pada saat daerah – daerah yang dilewati zat kontras tersebut maka daerah tersebut akan semakin gelap. Aneurisma serebral saccular berbentuk seperti bendungan, maka karena itu ketika zat kontras melewati daerah aneurisma akan terjadi turbulasi zat kontras. Semakin besar aneurisma maka semakin lama zat kontras akan mengalir didalamnya. Dari video *input*, sistem akan mengambil frame interest dimana zat kontras mengalami turbulasi dan akan terlihat warna hitam yang berputar-putar di dalam aneurisma. Setelah mengambil *frame interest* pada video, kemudian dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

3.1.3 Deteksi Aneurisma Serebral

Setelah mendapat frame interest yang meliputi daerah-daerah yang diduga sebagai aneurisma, pada tahap ini akan dilakukan deteksi dan identifikasi. Tahap ini berguna untuk mendapatkan *area of interest. Area of interest* didapatkan dari *frame interest* dengan ekstraksi ciri, *Area of Interest* bertujuan untuk memilih area subjek utama kemudian membuang daerah yang tidak perlu agar terlihat mana subjek utama pada sistem ini. Sebagai contoh pada penelitian tugas akhir ini, *Area of Interest* diharuskan berisi gambar zat kontras berada di area aneurisma serebral dan menghilangkan daerah yang tidak diperlukan seperti tulang, otot, dll.

.

3.1.4 Menghitung Volume

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan volume menggunakan pendekatan ukuran diameter agar sistem bisa mengukur ukuran dari aneurisma agar bisa dibandingkan dengan ukuran aneurisma yang realnya. Aneurisma

diasumsikan berbentuk bola. Maka dari itu setelah didapatkan ukuran diameter, volume akan didapatkan dengan menggunakan rumus volume bola (3.4). Klasifikasi aneurisma serebral saccular didapatkan penulis dari radiopaedia.org yang kemudian dikonsultasikan dan dibenarkan oleh dokter spesialis radiologi interfensi. Sistem menghitung ukuran aneurisma serebral menggunakan analisa dari dokter spesialis radiologi interfensi, kemudian aneurisma diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameternya dan dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu kelas aneurisma kecil, sedang, besar, dan raksasa. Tabel 3.1 menunjukan klasifikasi aneurisma serebral menggunakan ukuran diameter beserta resiko pendarahan.

Tabel 3.1 Klasifikasi Aneurisma Serebral Saccular

Klasifikasi Aneurisma	Diameter	Resiko Pendarahan	
		Anterior	Posterior
Kecil	<7 mm	0%	2.5%
Sedang	7-12 mm	2.6%	14.5%
Besar	13-24 mm	14.5%	18.4%
Raksasa	>25 mm	40%	50%

3.1.5 Pewarnaan

Tahap terakhir adalah melakukan pewarnaan terhadap klasifikasi ukuran aneurisma serebral saccular. Setiap ukuran atau kelas pada aneurisma serebral akan dibedakan dengan indicator warna. Perwarnaan yang dilakukan dalam penelitian ini akan mempermudah dalam melakukan analisis citra yang diperoleh. Teknik pewarnaan yang digunakan adalah teknik RGB untuk memberi indikator warna terhadap klasifikasi ukuran aneurisma serebral. Pada tugas akhir ini ada 4 warna yang akan digunakan sebagai indikator dari klasifikasi aneurisma, warna biru untuk aneurisma kecil, warna hijau untuk aneurisma sedang, warna kuning untuk aneurisma besar, dan warna merah untuk aneurisma raksasa.

Tabel 3.2 Klasifikasi Warna Aneurisma Serebral

Warna	Klasifikasi Aneurisma
Biru	Kecil
Hijau	Sedang
Kuning	Besar
Merah	Raksasa

3.1.6 Performansi Sistem

Untuk mengetahui performansi sistem yang dibahas, dilakukan evaluasi terhadap sistem tersebut. Parameter performansi yang diamati adalah ukuran aneurisma yang sudah dianalisa oleh dokter ahli dan ukuran yang terdeteksi pada sistem. Adapaun cara untuk menghitung akurasi dari sistem adalah sebagai berikut:

1.
   (1) Tahap pertama

$$\text{Error Rate} = \left| \frac{\text{Ukuran Aneurisma} - \text{Ukuran Terdeteksi}}{\text{Ukuran Aneurisma}} \right| \times 100\% \quad \ldots (3.1)$$

   (2) Setelah mendapatkan Error Rate maka dilanjutkan ke tahap berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Error Rate} \quad \ldots (3.2)$$

2. Selain rumus akurasi diatas, performansi sistem akan juga dilakukan menggunakan perbandingan nilai kualitatif yang bersifat subyektif. Standarisasi nilai kualitatif oleh dokter spesialis intervensi. Dari percobaan tersebut sehingga responden dapat mengetahui kekurangan dan kelebihan dari sistem tersebut.

3. Pada software matlab, perhitungan nilai diameter aneurisma dilakukan dengan menggunakan rumus konversi dari pixel menjadi millimeter. Skala pixel akan dikalikan dengan luas area aneurisma yang sudah terukur pada sistem dalam satuan pixel, maka dari itu harus didapatkan ukuran aneurisma dengan satuan millimeter (mm). Ukuran 1 inch sama dengan 25,4 mm. Ukuran DPI pada frame pada data input adalah sebesar 96 DPI.

$$\text{[illegible]} = \frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]}}$$

$$\text{[illegible]} = \frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]}}$$

$$\text{[illegible]} = \frac{25.4}{96} \quad \ldots (3.3)$$

4. Aneurisma diasumsikan berbentuk bola. Dengan menggunakan pendekatan diameter aneurisma, maka volume aneurisma bisa dihitung dengan rumus volume bola, yaitu;

$$V\text{[illegible]} = \frac{4}{3} \times \text{[illegible]}^3 \quad \ldots (3.4)$$

Dimana $\pi = 3{,}14$ dan r = $\frac{\text{[illegible]}}{2}$.

3.2 pengujian dan hasil análisis

Pengujian dilakukan dengan melakukan konsultasi terhadap dokter spesialis radiologi intervensi yang berada di RSPAD Gatot Soebroto Jakarta. Penulis membawa data video citra *angiogram* yang akan ditunjukan kepada dokter untuk dianalisa letak dan ukuran aneurisma serebral saccular agar bisa dijadikan pembanding hasil keluaran sistem yang dirancang.

Hasil dari analisis dokter yang sudah penulis dapat dimana letak aneurisma dan ukuran aneurisma yang telah dilingkari letaknya dan dihitung ukurannya oleh dokter maupun akan dijadikan referensi untuk di bandingkan dengan hasil keluaran sistem. Akurasi sistem dihitung saat letak hasil keluaran sistem muncul pada lingkaran hasil analisis dokter dan ukuran hasil dari keluaran sistem sama dengan ukuran hasil analisis dokter.

3.2.1 Analisis Pengujian *Frame interest*

Tabel 4.1 Pengaruh *Frame Interest* Terhadap Tingkat Akurasi Sistem

Data	Frame Tergelap	Frame Terakhir
Data 1	Tidak Valid	99.942%
Data 2	Tidak Valid	98.096%

Sebagaimana yang ditunjukan pada tabel 4.1 maka sistem akan bekerja secara optimal dengan *frame interest* yang merupakan *frame* terakhir dengan tingkat akurasi 99.942% untuk data 1 dan 98.096 untuk data ke 2 dibandingkan dengan memilih frame tergelap yang menjadikan sistem tidak valid. Bisa disimpulkan bahwa memilih frame tergelap tidak valid karena daerah aneurisma sama sekali tidak terdeteksi pada proses-proses berikutnya. Volume aneurisma pun bisa didapat dengan memilih frame terakhir yaitu 22399.4736 [illegible]^3 pada data 1 dan 8653.1079 [illegible]^3 pada data 2.

3.2.2 Analisis Pengujian *Area of Interest*

Tabel 4.2 Pengaruh metode substraksi Terhadap Tingkat Akurasi Sistem

Data	*Frame Difference*	*Background*
Data 1	Tidak Valid	99.942%
Data 2	Tidak Valid	98.096%

Adanya perbedaan pada kedua metode dikarenakan pada metode substraksi *frame difference* banyaknya jumlah pengurangan pada frame video yang mengakibatkan habisnya *area of interest* sehingga area yang diduga sebagai aneurisma pun habis terkurang, dan juga banyaknya *noise* yang ada pada video. Sedangkan pada substraksi *background* langsung terlihat dengan jelas *area of interest*nya dikarenakan pengurangan hanya dilakukan 1 kali, yaitu frame dengan area sehingga yang berkurang hanya area selain aneurisma.

Sebagaimana yang telah ditunjukan oleh tabel 4.2, dapat disimpulkan bahwa sistem akan bekerja secara akurat pada metode pengurangan dengan background dengan rata-rata tingkat akurasi 98.048%, sehingga citra yang dihasilkan optimal dibandingkan dengan metode *frame difference* yang memiliki akurasi tidak valid karena sistem membaca area yang bukan aneurisma. Volume aneurisma pun bisa didapat dengan substraksi background yaitu 22399.4736 mm^3 pada data 1 dan 8653.1079 mm^3 pada data 2.

3.2.4 Analisis Pengujian *Greyscale*

Tabel 4.3 Pengaruh *Threshold Level* Terhadap Tingkat Akurasi Sistem

Threshold	Data 1	Data 2
1	85.349%	Tidak Valid
1.3	92.515%	Tidak Valid
1.5	97.795%	12.56%
1.7	99.924%	98.096%
2	94.67%	95.04%

Perbedaan 4 nilai tersebut terjadi karena semakin tinggi nilai *threshold level* pada citra akan mengakibatkan banyaknya perubahan pixel berwarna putih menjadi pixel berwarna hitam, sehingga area aneurisma yang berwarna putih akan berkurang oleh pixel warna hitam. Sedangkan jika threshold level terlalu rendah, pixel putih yang bukan merupakan area aneurisma akan muncul dan menempel pada area aneurisma sehingga tingkat akurasi pun akan turun.

Sebagaimana yang ditunjukan pada tabel 4.3, Maka dapat disimpulkan bahwa sistem akan bekerja secara optimal pada nilai black and white *threshold level* 1.7 dengan rata-rata tingkat akurasi sebesar 99.01%. Volume aneurisma pun bisa didapat dengan threshold level 1.7 yaitu 22399.4736 mm^3 pada data 1 dan 8653.1079 mm^3 pada data 2.

3.2.5 Analisis Pengujian Morfologi

Tabel 4.4 Pengaruh Operasi *Morfologi* Terhadap Tingkat Akurasi Sistem

Strel	Data 1	Data 2
8	93.909%	93.456%
10	96.92%	97.68%
12	99.942%	98.096%
14	97.04%	93.872%

Perbedaan 4 nilai tersebut terjadi karena semakin tinggi nilai *strel 'disk'* pada citra yang mengakibatkan semakin mendekati bentuk dan ukuran yang sebenarnya, namun jika terlalu besar data akan melebihi ukuran aslinya sehingga akan berdampak pada proses penanganan oleh tim dokter karena setiap ukuran akan berbeda penanganannya. Berdasarkan tabel 4.4, Maka dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem akan bekerja secara optimal pada ukuran *strel* 12 karena keluaran dari sistem menunjukan bentuk dan ukuran yang hampir menyerupai bentuk dan ukuran aslinya. Volume aneurisma pun bisa didapat dengan strel 12 yaitu 22399.4736 mm^3 pada data 1 dan 8653.1079 mm^3 pada data 2.

3.2.6 Analisis Pengujian Nilai Kualitatif

Tabel 4.5 Pengujian Nilai Kualitatif Terhadap Tingkat Akurasi Sistem

Data	Ukuran Sistem	Ukuran Real	Akurasi (%)	Nilai	Keterangan
Data 1	34.98 mm	35 mm	99.924%	4	Hasil letak aneurisma sesuai dan ukuran hampir sesuai
Data 2	25.476 mm	25 mm	98.096%	4	Hasil letak aneurisma sesuai dan ukuran hampir sesuai

Pengujian ini menunjukan hasil nilai kualitatif yang diberikan oleh tenaga ahli untuk data 1 dan data 2 yaitu 4. Hasil pengamatan tenaga ahli merepresentasikan hasil akhir sistem terhadap letak dan ukuran aneurisma yang hampir sesuai. Responden menilai bahwa letak aneurisma benar, namun pengukuran sistem belum bernilai sama seperti pengukuran yang sebenarnya. Sebagaimana tertera pada tabel 4.5 Hasil akurasi pengukuran sistem terhadap pengukuran real pada data 1 sebesar 99.924% dan data 2 sebesar 98.096% dengan toleransi error ± 1mm tersebut dinilai baik oleh dokter.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis simulasi tugas akhir ini, dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Deteksi Aneurisma Serebral Saccular berhasil dilakukan dengan proses deteksi menentukan *frame interest* lebih baik menggunakan frame terakhir daripada frame tergelap. Karena jika menggunakan frame tergelap, sistem akan mengambil frame dimana di dalam frame tersebut nilai warna hitamnya yang paling tinggi. Dalam penelitian ini frame yang mempunyai warna paling hitam tidak bisa mencakupi daerah aneurisma serebral, karena zat kontras belum masuk kedalam daerah aneurisma serebral.
2. *Area of interest* lebih baik mengurangi *frame interest* dengan *background* daripada menggunakan metode *frame difference*. Karena *Image difference* terlalu banyak proses pengurangannya yang mengakibatkan habis dan terkurangnya *area of interest* dibandingkan dengan mengurangi *frame interest* dengan *background*.
3. Mencari ukuran dan mengklasifikasikan aneurisma serebral saccular berhasil dilakukan. skala *threshold level* pada proses prubahan *gresyscale* ke *black and white* lebih baik menggunakan *threshold level* bernilai 1. Hal tersebut dikarenakan semakin tingginya threshold akan menghilangkan objek objek yang akan ditinjau.
4. Klasifikasi aneurisma serebral dengan visualisasi indikator warna berhasil dilakukan dengan metode RGB. Operasi *morfologi* untuk ukuran *structuring element (strel)* baik digunakan karena membantu pengukuran dan proses pengklasifikasian dengan warna. karena menghasilkan tingkat akurasi yang baik yaitu sebesar 99.942% untuk data 1 dan 98.096 untuk data 2 sedangkan untuk polume pada data 1 sebesar yaitu 22399.4736 mm^3 dan 8653.1079 mm^3 pada data 2. Fungsi strel untuk memperhalus dan memperkuat bentuk dari aneurisma serebral saccular agar mendekati perhitungan ukuran yang aslinya. Karena jika terjadi kesalahan pada pengukuran, dapat membuat kesalahan pada proses *coiling* oleh tim medis yang mengakibatkan bocornya aneurisma serebral.

Daftar Pustaka

[1] Gasparotti, R., Liserre, R. 2005. *Intracranial Aenurysms*. European Radiology. Vol. 15. pp. 441-47.

[2] Erratum. 1997. *Intracranial Aneurysms*. The New England Journal of Medicine. Vol. 336. pp. 1267.

[3] Kurniawan, Andreas.Deteksi Aneurisma Serebral Pada Citra Medis 2D Dengan Analisis Parameter Waktu.Institut Teknologi Bandung. Bandung, 17 Maret 2011

[4] J. Jakubowski and B. Kendall, “Coincidental aneurysms with tumours of pituitary origin,” Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, vol. 41, no. 11, pp. 972–979, 1978.

[5] Gusa, R. 2013. Pengolahan Citra Digital untuk Menghitung Luas Daerah Bekas Penambangan Timah. Bangka Belitung.