

DETEKSI DINI KANKER SERVIKS METODE IVA BERBASIS PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL MENGGUNAKAN DETEKSI TEPI *ZERO CROSSING*

EARLY DETECTION OF CERVICAL CANCER WITH IVA METHOD BASED ON DIGITAL IMAGE PROCESSING USING *ZERO CROSSING* EDGE DETECTION

Dwi Sukma Bestry¹, Dr.ir.Bambang Hidayat, DEA², Hilman Fauzi TSP,ST., MT³

¹dwisukmabestry@gmail.com, ²bbh@telkomuniversity.co.id, ³hilmanfauzi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kemajuan teknologi di bidang komputer saat ini mendorong berkembangnya penelitian dan penerapan teknik pengolahan citra. Beberapa pertumbuhan kemajuan teknologi baru membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini. Saat ini pengolahan citra mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang kehidupan, seperti di bidang kesehatan. Penyakit kanker merupakan pertumbuhan sel tak normal atau tak terkendali sehingga menyebabkan perubahan bentuk dan pembesaran bagian tubuh. Saat ini dalam mendiagnosa kanker serviks pada wanita sangat membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan data atau informasi dengan cepat. Dengan adanya aplikasi ini dapat membantu dalam mendeteksi dini kanker serviks dengan metode IVA dengan menggunakan operator *Zero crossing*.

Pada penelitian ini dirancang suatu sistem untuk mendeteksi dini kanker serviks dengan metode IVA dengan bantuan *software* Matlab 2015a. Subjek penelitian ini adalah membuat aplikasi penerapan operator deteksi tepi untuk mendeteksi dini kanker serviks. Data yang digunakan adalah sampel citra serviks yang telah dilakukan skrining dengan metode IVA (Inspeksi Visual Asam Asetat) yaitu citra serviks yang telah diolesi asam asetat 3-5% berupa file citra berekstensi .png . Ada beberapa langkah program yang dilakukan yaitu mengambil citra serviks, lalu citra dipotong (*cropping*), citra yang sudah dipotong diubah menjadi citra biner (*thresholding*). Citra biner kemudian diolah dengan deteksi tepi dengan operator *Zero crossing* sehingga dapat ditentukan tepi SSK (Sambungan Skuamosa Kolumnar) dan daerah AEZ (*Acetowhite Epithelium Zone*) dan menentukan apakah hasil skrining merupakan IVA positif atau IVA negatif.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada 55 data citra uji diperoleh nilai akurasi sebesar 89% untuk sistem deteksi SSK, 78% untuk sistem deteksi AEZ dan 67% untuk sistem deteksi akhir hasil skrining IVA.

Kata kunci : *Zero-Crossing, Sambungan skuamosa kolumnar, Acetowhite Epithelium Zone, IVA*

Abstract

Technological advances in the field of computers today encourage the development of research and application of image processing techniques. Some of the growth of new technological advances opportunities for further development in this field. Currently the image processing has a very important role in many areas of life, such as in the health sector. Cancer is an abnormal cell growth or uncontrolled causing deformation and enlargement of body parts. Currently in diagnosing cervical cancer in women desperately need a long time to get the data or information quickly. With this application can help in early detection of cervical cancer by IVA method using Zero-crossing operator.

In this study designed a system for early detection of cervical cancer by IVA method with the help of software Matlab 2015a. Subject of this research is to make the application the application of edge detection operator to detect early cervical cancer. The data used is a sample image of the cervix that have been screened by the method of IVA (Visual Inspection Acetic Acid) is the image of the cervix that has been smeared 3-5% acetic acid in the form of extension .png image file. There are several steps the program carried out which takes the image of the cervix, and then the image is cut (cropping), the image that has been cut is converted into a binary image (thresholding), a binary image is then processed with edge detection with operators zero-crossing can be determined so the edge of the SCJ (Squamous Columnar Junction) and local AEZ (Acetowhite epithelium Zone) to determine whether an IVA screening result is positive or negative IVA.

Based on tests performed on 55 test images obtained value by 89% accuracy for the detection system of SCJ, 78% for the detection system of AEZ and 67% for the detection system of IVA screening results.

Keywords: *IVA, Acetowhite Epithelium Zone, Skuamosa Columnar Junction*

1. Pendahuluan

Kanker serviks adalah salah satu jenis kanker ganas yang menyerang leher rahim wanita yang berasal dari metaplasia epitel di daerah sambungan skuamo kolumnar (SSK) yaitu daerah peralihan mukosa vagina dan mukosa kanalis servikalis. [4] Kanker Serviks disebabkan oleh *human papilloma virus* (HPV) tipe 16 dan 18.

Sebelum terjadinya kanker didahului oleh perubahan keadaan yang disebut lesi prakanker atau *neoplasia intraepitel serviks* (NIS), biasanya memakan waktu beberapa tahun sebelum berkembang menjadi kanker. Melalui skrining atau deteksi dini anda akan mendapatkan manfaat yang besar yaitu bisa diketahui sejak dini jika ada lesi prakanker dan bisa ditangani dengan cepat sebelum berubah menjadi kanker. pada tugas akhir ini akan dibuat suatu sistem Deteksi Dini Kanker Serviks Metode IVA Berbasis Pengolahan Citra Digital yang akan mampu mendeteksi dini kanker serviks dengan memanfaatkan citra rekaman hasil pemeriksaan lesi pra kanker serviks dengan menggunakan metode skrining IVA.

Metode yang digunakan pada sistem ini adalah dengan pengolahan citra berwarna dengan menilik ruang warna RGB dan segmentasi citra dengan menggunakan *Edge Detection* dengan GUI agar membantu mempermudah merepresentasikan hasil yang diperoleh serta untuk mendapatkan tampilan sistem yang lebih interaktif. Klasifikasi dari sistem ini adalah untuk menemukan penampakan SSK dan IVA positif atau IVA negatif.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Serviks

Dalam bahasa latin, serviks artinya leher. Serviks / leher rahim adalah bagian terendah dari uterus yang menonjol ke puncak vagina yang terletak diantara tulang pinggul dan tuba falopi [12]. Serviks terdiri dari dua bagian yaitu ektoserviks dan endoserviks.

2.2 Sambungan Skuamosa Kolumnar

SSK adalah perbatasan epitel skuamous berlapis dari ektoserviks dan epitel kolumnar endoserviks. SSK sangat dibutuhkan pada proses skrining atau diagnosis kanker serviks. Pada SSK terdapat epitel kolumnar dan epitel skuamous. Diantara epitel kolumnar dan epitel skuamous terdapat sambungan Skuamokolumnar yang ditandai dengan metaplasia skuamosa [3]. Sambungan Skuamosa kolumnar terlihat sebagai garis yang berbeda diantara daerah kolumnar epitel dan skuamosa. Letak sambungan skuamosa kolumnar yang berhubungan dengan os eksternal (SSK asli) beragam sesuai dengan faktor yang mempengaruhinya seperti usia, perkembangan hormon, trauma kelahiran, penggunaan kontrasepsi oral. [6]

2.3 Inspeksi Visual Asam Asetat (IVA)

IVA merupakan salah satu proses skrining untuk mendiagnosis keberadaan kanker serviks yang bisa digunakan sebagai metode deteksi dini kanker serviks. Untuk pemeriksaan serviks dengan IVA awalnya dengan menggunakan speculum yang sudah diolesi dengan Asam Asetat 3-5%. Pada lesi prakanker akan terlihat bercak berwarna putih yang disebut *acetowhite epithelium*, maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil tes adalah IVA positif sehingga dapat ditindak lanjuti dengan melakukan biopsy. Kalau hasil dari test IVA dideteksi adanya lesi prakanker, yang terlihat dari adanya perubahan dinding leher rahim dari merah muda menjadi putih, artinya perubahan sel akibat infeksi tersebut baru terjadi di sekitar epitel. Itu bisa dimatikan atau dihilangkan dengan dibakar atau dibekukan. Dengan demikian, penyakit kanker yang disebabkan *human papilloma virus* (HPV) itu tidak jadi berkembang dan merusak organ tubuh yang lain. [7]

2.4 Edge Detection^[5]

Edge Detection atau deteksi tepi berfungsi untuk memperoleh tepi objek. Deteksi tepi memanfaatkan perubahan nilai intensitas yang drastis pada batas dua area. Definisi tepi yang dimaksud adalah himpunan piksel yang terhubung yang terletak pada batas dua area. Tepi yang sesungguhnya mengandung informasi sangat penting. Informasi yang diperoleh dapat berupa bentuk maupun ukuran objek.

Deteksi tepi dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu :

1. Deteksi tepi orde pertama (*differential gradient*) yang bekerja dengan menggunakan turunan atau diferensial orde pertama. Deteksi tepi dengan turunan orde pertama dilakukan dengan menggunakan operator gradien yang didefinisikan sebagai vektor. Yang termasuk kelompok ini adalah operator Roberts, Prewitt, dan Sobel. Pada turunan pertama, tepi sesungguhnya terletak pada nilai absolut maksimum.
2. Deteksi tepi orde kedua (*Laplacian*) yang menggunakan turunan orde kedua. Contohnya adalah Laplacian of Gaussian. Pada turunan kedua, tepi sesungguhnya terletak pada persilangan nol (*zero crossing*).
3. Deteksi tepi operator kompas (*gradient compass operator*). Operator gradient kompas adalah jenis operator yang mencari tepi dengan menggunakan delapan arah mata angin. Prosesnya adalah melakukan konvolusi terhadap citra dengan menggunakan 8 konvolusi.

2.5 Operator Zero crossing^[5]

Operator *zero crossing* atau yang dikenal dengan nama lain yaitu operator Marr-Hildreth sebenarnya adalah operator *Laplacian of Gaussian (LoG)* yang dilengkapi dengan upaya untuk menemukan *zero crossing*. *Zero crossing* menyatakan tanda perubahan pada tepi-tepi dalam citra. *Zero crossing* merupakan perpotongan dengan sumbu X pada turunan kedua. Operator inilah yang mampu membuat operator Marr-Hildreth mampu menghasilkan kurva yang tertutup, yang tidak dapat dipenuhi oleh operator Canny.

a. Laplacian

Turunan kedua dari tepi berjenis landai adalah sebuah fungsi yang memotong sumbu x pada lokasi tepi. Namun bila suatu daerah dalam citra mempunyai nol yang seragam, diabaikan dan tidak dianggap sebagai tepi. Secara prinsip, lokasi titik perpotongan dapat diduga sebagai resolusi sub-piksel menggunakan interpolasi linier tetapi mungkin hasilnya tidak akurat karena pengaruh *noise*. Laplacian adalah kesamaan dua dimensi dari turunan kedua untuk fungsi tersebut [13].

Persamaan laplacian untuk fungsi f(x,y) adalah :

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \dots\dots\dots(3)$$

b. Gaussian

Filter Gaussian adalah salah satu filter linear dengan nilai pembobotan untuk setiap anggotanya dipilih berdasarkan bentuk fungsi Gaussian. Filter ini digunakan untuk menghilangkan *noise* yang bersifat sebaran normal [13]. Untuk pengolahan citra digital yang merupakan bidang dua dimensi, dinyatakan dalam persamaan dua variable bebas yang bersifat diskret sebagai berikut :

$$g(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(4)$$

Salah satu filter Gaussian 7x7 yang umum digunakan untuk menghilangkan *noise* adalah sebagai berikut :

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 4 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 4 & 8 & 4 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 8 & 16 & 8 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 4 & 8 & 4 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 4 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 \end{matrix} \dots\dots\dots(5)$$

c. Laplacian of Gaussian

Laplacian of Gaussian adalah deteksi tepi orde kedua yang makin kurang sensitif terhadap *noise*. Hal ini disebabkan penggunaan fungsi Gaussian yang memuluskan citra dan berdampak terhadap pengurangan derau pada citra. Akibatnya, operator mereduksi jumlah tepi yang salah terdeteksi. [5]

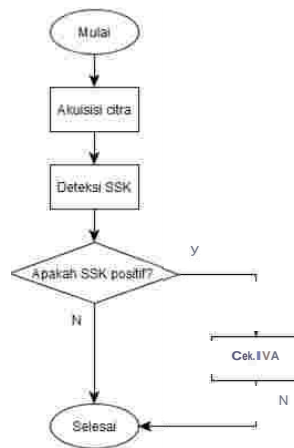
Operator LoG diperoleh melalui konvolusi dengan:

$$LoG(x,y) = -\frac{1}{2\sigma^2} \left[1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right] \frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2} \dots\dots\dots(6)$$

3. Pembahasan

3.1 Proses Pengolahan Citra

Dalam perancangan sistem ini dijelaskan mengenai alur pembuatan program dan penjelasan detail pada setiap tahapan. Untuk memberikan batasan yang jelas dan lebih terarah, pada tugas akhir ini penulis akan membuat suatu sistem yang dapat mendeteksi lesi prakanker serviks dengan tahapan awal mendeteksi keberadaan SSK barukemudian dilanjutkan dengan pendeteksian *Acetowhite* untuk mendapatkan status akhir IVA Positif atau IVA Negatif.



Gambar 1. Diagram Model Sistem

3.2 Deteksi Citra

3.2.1 Cropping

Pada tahap ini dilakukan pemotongan citra dengan mengambil daerah ROI atau bagian yang akan difokuskan untuk di teliti. Pada sistem ini proses cropping dilakukan saat akan mendeteksi SSK.

3.2.2 Thresholding

Pada proses deteksi SSK, thresholding dilakukan dengan cara menentukan nilai prosen luas merah tua lebih besar dari 20. Sedangkan pada proses deteksi IVA thresholding dilakukan dengan cara ekstraksi warna RGB yang kemudian diubah menjadi citra biner.

3.2.3 Strel (Disk)

Strel (*structure element*) adalah himpunan sub-image kecil yang digunakan untuk meneliti citra dalam pembelajaran propertinya. Pada tugas akhir ini penulis memakai strel jenis cakram (*disk*) dengan nilai diameter dan periodik linanya (4,4) untuk mendeteksi SSK dan strel *disk* dengan nilai disk 2.

3.2.4 Erosi

Operasi erosi mempunyai efek untuk memperkecil struktur citra. Operasi erosi dapat dimanfaatkan untuk memperoleh tepi objek.

3.2.5 Dilasi

Operasi dilasi biasa dipakai untuk mendapat efek pelebaran pada piksel yang bernilai 1. Pada tugas akhir ini, proses dilasi hanya dilakukan pada deteksi SSK.

3.2.6 Holes Filling

Fungsi *holes filling* berarti objek yang sudah dideteksi akan diberi lubang putih yang akan mengisi objek didalamnya. Proses ini dilakukan agar lebih rapi sehingga proses deteksi tepi dapat berjalan lebih optimal.

3.2.7 Labelling

Labelling merupakan proses pemeriksaan terhadap piksel putih yang ada pada citra. Pemeriksaan ini dilakukan dari arah kiri ke kanan dan juga dari atas ke bawah.

3.2.8 Peningkatan kualitas citra

Proses untuk menghilangkan area putih diluar objek yang tidak diperlukan pada citra hasil operasi *thresholding* digunakan fungsi *bwareaopen* (*Binary area open*). Fungsi *bwareaopen* bertujuan untuk menghapus semua komponen pada citra biner yang terhubung (citra) yang memiliki kurang dari p piksel, sehingga menghasilkan citra biner yang baru (BW2).

3.2.9 Deteksi tepi

Deteksi tepi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan operator *zero crossing* yaitu operator deteksi tepi yang merupakan hasil perpotongan dengan sumbu x pada turunan kedua. *Zero crossing* merupakan operator LoG yang dilengkapi upaya untuk menemukan *zero crossing* atau tanda perubahan pada tepi-tepi dalam citra. Pada tugas akhir ini, ukuran mask dan standar deviasi yang digunakan yaitu masing-masing 7x7 dan 1.

Proses deteksi tepi menggunakan *zero crossing* dimulai dengan merubah citra uji yang merupakan citra RGB menjadi grayscale. Setelah itu citra dikonvolusikan dengan fungsi Gaussian dan *threshold* sehingga data menjadi *binary image*. Hasil konvolusi kemudian ditemukan *zero crossing*nya dengan cara mengkonvolusikannya dengan fungsi Laplacian. Lokasi *zero crossing* merupakan titik dimana terjadi perubahan nilai dari positif ke negatif atau negatif ke positif, atau bisa saja dari nol ke positif atau dari nol ke negatif pada citra asli. Sementara indikator dari fungsi LoG nya adalah perubahan nilai dari negatif ke positif atau sebaliknya. *Zero crossing* inilah yang didefinisikan sebagai tepi.

3.2.10 Pembuatan Garis Tepi

Setelah pada proses pendeteksian tepi menghasilkan nilai 1, maka proses dilanjutkan dengan pembuatan garis tepi pada objek yang telah di segmentasi tersebut. Hal ini dilakukan agar garis tepi tersebut dapat terlihat pada citra asli.

3.3 Performansi Sistem

Adapun parameter yang diambil untuk mengevaluasi hasil klasifikasi adalah sebagai berikut:

1. *Accuracy* merupakan ketepatan klasifikasi yang diperoleh

$$Accuracy (\%) = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \dots\dots\dots(7)$$

2. *Sensitivity* merupakan persentase probabilitas tidak adanya penyakit bila hasil tes dinyatakan negative.

$$Sensitivity (\%) = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots(8)$$

3. *Specifity* merupakan persentase probabilitas adanya suatu penyakit bila hasil tes dinyatakan positif.

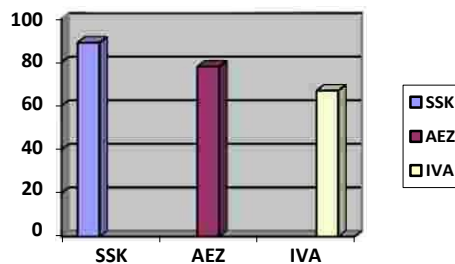
$$Specifity (\%) = \frac{TN}{FP+TN} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- TP : *True Positive* (pasien memiliki penyakit dan hasil diagnose tepat)
- TN : *True Negative* (pasien tidak memiliki penyakit dan hasil diagnose tepat)
- FP : *False Positive* (pasien tidak memiliki penyakit tetapi hasil diagnose memiliki penyakit)
- FN : *False Negative* (pasien memiliki penyakit dan hasil diagnose menyatakan pasien tidak memiliki penyakit)

3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

3.4.1 Hasil Pengujian Pada Citra Serviks Yang Telah Dioles Asam Asetat 3-5%

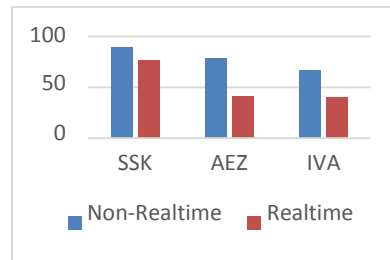


Gambar 3.1 Hasil akurasi system deteksi SSK, AEZ dan IVA

Pengujian yang dilakukan pada citra serviks yang telah diolesi asam asetat sebanyak 3-5%. Pada skenario ini dilakukan pengujian terhadap 55 citra serviks yang telah diolesi asam asetat 3-5% yang dibagi menjadi 54 data SSK positif, 1 data SSK negatif, 36 data AEZ positif, 19 data AEZ negatif, 35 data IVA positif dan 20 data IVA negatif. Pengujian dilakukan dengan menguji masing masing SSK dan AEZ dan kemudian deteksi status skrining IVA. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil akurasi 89% untuk sistem deteksi SSK, 78% untuk sistem deteksi AEZ dan 67% untuk sistem deteksi IVA seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.3. Sedangkan untuk sensitivitas pada sistem deteksi IVA nilainya adalah 54% dan nilai spesifisitas sebesar 90%.

3.4.2 Hasil Sistem dalam Realtime

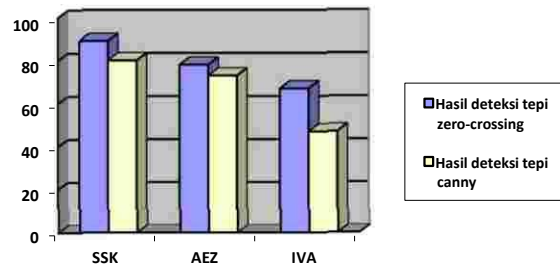
Langkah pertama yang dilakukan adalah mencetak citra serviks yang telah diolesi asam asetat 3-5%. Kemudian, pada sistem dibuat sebuah program untuk memanggil kamera. Kamera yang digunakan pada pengujian ini adalah webcam eksternal. Selanjutnya hasil capture-an dari webcam kamera inilah yang menjadi masukan pada sistem pendeteksi SSK dan kemudian pengujian dilanjutkan ke tahap pengujian AEZ dan menentukan IVA positif atau negative.



Gambar 3.2 Akurasi perbandingan sistem non-realtime dan realtime

3.4.3 Hasil Pengujian dengan metode deteksi Canny

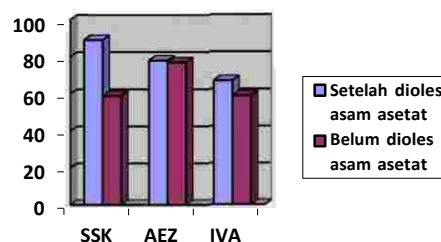
Citra masukan yang digunakan adalah citra masukan yang telah diolesi asam asetat sebanyak 3-5%. Parameter yang membedakannya adalah skenario pengujian ini dilakukan untuk membandingkan hasil keluaran sistem dengan menggunakan deteksi tepi Canny.



Gambar 3.3 Perbandingan nilai akurasi sistem dengan deteksi tepi Canny dan Zero crossing

3.4.4. Hasil pengujian dengan Menggunakan Citra yang Belum Diolesi Asam Asetat

Selain dengan menggunakan gambar masukan berupa citra serviks yang telah diolesi asam asetat, pengujian selanjutnya adalah dengan menggunakan citra masukan berupa citra asli serviks yang belum diolesi asam asetat. Dalam skenario ini akan dilihat seberapa besar keberhasilan sistem dapat mendeteksi SSK, AEZ dan IVA pada citra serviks yang belum diolesi asam asetat.



Gambar 3.4 Perbandingan Akurasi Pada Citra Masukan Dengan dan Tanpa Diolesi Asam Asetat

4. Kesimpulan

Dari hasil pelatihan, pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada perancangan sistem deteksi dini kanker serviks metode IVA didapatkan beberapa kesimpulan berikut :

1. Implementasi citra serviks menggunakan deteksi tepi zero-crossing mampu mendeteksi SSK, AEZ dan hasil skrining IVA.
2. Sistem lebih terintegrasi untuk mendeteksi IVA dengan masukan berupa citra serviks yang telah diolesi asam asetat 3-5% karena memiliki akurasi paling tinggi yaitu 89% untuk sistem deteksi SSK, 78% untuk sistem deteksi AEZ dan 67% untuk sistem deteksi IVA.

3. Untuk tingkat akurasi yang lebih baik sistem menggunakan deteksi tepi dengan operator *zero-crossing* karena memiliki nilai akurasi 89% untuk sistem deteksi SSK, 78% untuk sistem deteksi AEZ dan 67% untuk sistem deteksi IVA, bila dibandingkan dengan menggunakan deteksi tepi operator *canny*.
4. Sistem lebih terintegrasi untuk mendeteksi IVA dengan masukan berupa citra serviks yang telah diolesi asam asetat 3-5% karena memiliki akurasi paling tinggi yaitu 89% untuk sistem deteksi SSK, 78% untuk sistem deteksi AEZ dan 67% untuk sistem deteksi IVA.
5. Hasil deteksi tepi dengan operator *zero crossing* dipengaruhi oleh ukuran standar deviasi dari Gaussian yang digunakan dalam filter LoG. Semakin besar nilai standar deviasi semakin sedikit *zero crossing* yang terdeteksi.

Referensi:

- [1] Prayitno, Sunyoto. Buku Lengkap Kesehatan Organ Reproduksi Wanita. Yogyakarta. Saufa. 2014.
- [2] Sugiharti, Desi Endah. Perilaku Perawatan Kebersihan Organ Reproduksi Wanita Dalam Pencegahan Kanker Serviks Pada Remaja Wanita. 2014.
- [3] Anggi, Dr. Buku Anatomi dan Histologi Leher Rahim. 2014.
- [4] Andrijino. Kanker Serviks Edisi Kedua. Jakarta. 2009.
- [5] Kadir, Abdul dan Susanto, Adhi. Teori Aplikasi dan Pengolahan Citra. Penerbit Andi. 2013.
- [6] C.I.A.f Research, "An introduction to The Anatomy of Uterine Cervix. World Health Organization. [Online]. Diakses pada September 2015. Dari : <http://screening.iarc.fr/colpochap.php?chap=1>.
- [7] Suprianto, Dr. M. Kes. Deteksi Kanker Serviks dengan Metode IVA. 2011.
- [8] Intan, Eggi. Deteksi Kanker Serviks Menggunakan Metode Adaptive Thresholding Berbasis Pengolahan Citra. 2015.
- [9] Bertiani, E. Sukaca. Buku Cerdas Menghadapi Kanker Serviks. Genius. 2009.
- [10] Samadi, Heru Priyanto. "Yes I know Everything about Kanker Serviks. 2011.
- [11] Riksani, Ria; Re!Mediaservice. Kenali Kanker Serviks Sejak Dini. Yogyakarta. Rapha Publishing. 2016
- [12] McCormick, Colleen C, Robert L. Giuntoli II. Patients Guide to Cervical Cancer. Sudbury,Massachusetts. Jones and Barlet Pubb.
- [13] Ahmad, Usman. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Yogyakarta. Graha Ilmu. 2015
- [14] Estimasi Kanker Serviks. [Online]. Diakses pada 28 Juli 2016 dari <http://depkes.go.id>. 2012.
- [15] Xu, Huilin. "A High Accuracy Zero Crossing Based Edge Detector". 2015.