

Sistem Diagnosis Kanker Servik Berdasarkan Karakteristik Morfologi

Rahmadwati

Abstrak— Penelitian ini mengkaji diagnosis kanker serviks berdasarkan karakteristik morfologi sel serviks. Algoritma yang dikembangkan meliputi beberapa langkah: pra-pengolahan, segmentasi citra, inti dan sitoplasma deteksi, perhitungan fitur, dan klasifikasi. Algoritma K-means clustering berdasarkan segmentasi warna digunakan untuk memisahkan citra biopsi serviks menjadi empat daerah: latar belakang, inti sel, stroma dan sitoplasma. Karakteristik morfologi sel serviks digunakan untuk ekstraksi fitur gambar histologi serviks. Berdasarkan empat fitur diskriminatif: 1) rasio inti ke sitoplasma, 2) diameter inti, 3) faktor bentuk dan 4) pleiomorfik inti gambar histologi serviks diklasifikasikan. Kemudian citra dianalisis dan diklasifikasikan ke dalam kelas yang sesuai. Metode ini digunakan untuk mengklasifikasikan citra kanker serviks menjadi normal, kanker pra dan ganas.

Kata Kunci—diagnosis, kanker servik, karakteristik, morfologi

I. Pendahuluan

KANKER servik merupakan penyebab kedua kematian wanita tertinggi di dunia [1]. Hal ini juga banyak di temui di negara-negara berkembang seperti Vietnam, Thailand, Malaysia, Filipina dan Indonesia [2]. Vietnam merupakan negara yang penderita kanker serviknya tertinggi di Asia, kemudian di ikuti Indonesia, Filipina, Thailand dan Malaysia [2]. Kanker servik merupakan penyebab utama kematian wanita di Indonesia Indonesia [3]. Berdasarkan data statistik, penderita penyakit kanker servik di Indonesia berjumlah 15.000 tiap tahun dan sedihnya terdapat 7.500 penderita yang meninggal karenanya. Tingkat kematian menurun semenjak diperkenalkan vaksin Human Papilloma Virus (HPV) , tetapi dokter ataupun peneliti tidak tahu berapa lama vaksin tersebut efektif mencegah kanker servik [4].

Dalam pemeriksaan kanker servik, dokter atau ahli patologi memeriksa slide sediaan dengan menggunakan mikroskop dan mengamati ketidak abnormalan sel. Berdasarkan analisis ini kanker servik di klasifikasikan. Diagnosis dari dokter bervariasi dalam menginterpretasikan slide sediaan karena dipengaruhi oleh faktor subyektivitas [5]. Dengan adanya perkembangan di bidang pengolahan citra medis dan system diagnosis yang terbantu komputer, diharapkan

dapat mengurangi efek subyekfitas dan membantu dokter dalam proses diagnosa.

Beberapa penelitian tentang karakteristik morfologi kanker servik telah dilakukan. Kwang dkk [6] telah membahas segmentasi dan pengenalan pola inti sel kanker servik dari citra pap smear. Berdasarkan ekstraksi ciri morfologi matematika dari citra digital pap smear, Thiran and Lassououi [7] mengklasifikasikan citra tersebut ke dalam kanker dan bukan kanker.

Pada penelitian ini membahas sistem diagnosis kanker servik yang terbantuan komputer menggunakan slide sediaan dari biopsy servik atau Computer Aided Decision Support System for Cervical Cancer (CADSS). Suatu system pengolahan citra dan analisis pengestrakan ciri diperlukan untuk memberikan prognosis yang digunakan dalam penelitian ini seperti rasio inti sel dengan sel (C/N ratio), area intisel, diameater inti sel, factor bentuk (shape factor), pleiomorfik. Penelitian ini menyajikan alat yang handal untuk mengevaluasi dan mengklasifikasikan citra histology servik berdasarkan karakteristik morfologi sel serviks. Tersegmentasinya citra dari latar belakang dan sel diperoleh dengan menggunakan K-means algoritma clustering. Menurut karakteristik morfologi kanker serviks seperti rasio C/N, faktor bentuk, diameter inti dan pleiomorfik sistem dikembangkan. Sistem ini dapat membedakan normal, pra kanker dan ganas terkait pada penyebaran kelainan di setiap gambar histologis serviks.

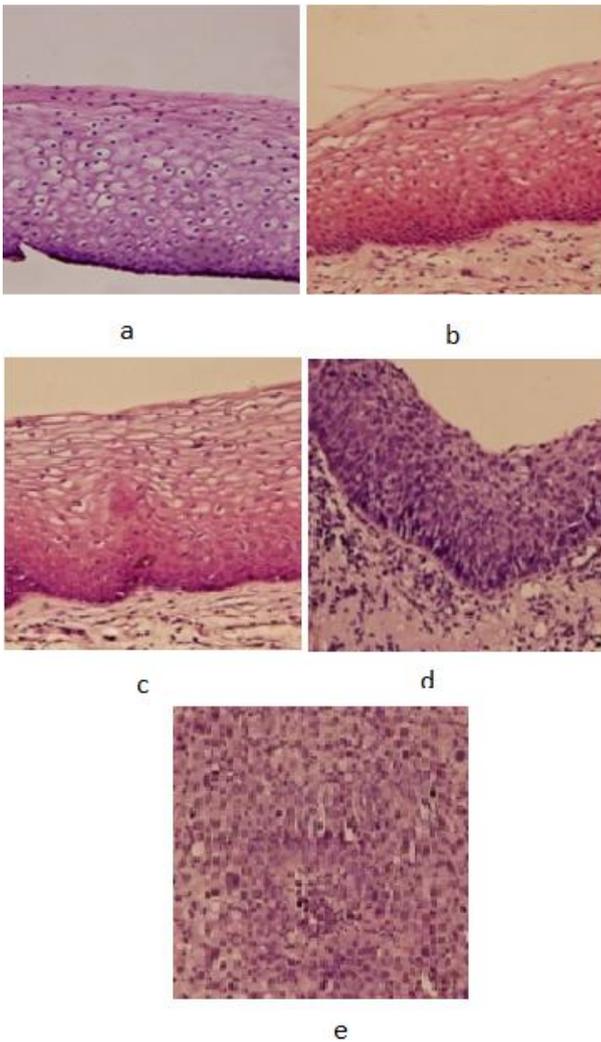
II. DATA

Data berupa citra sediaan histology servik yang diambil dari laboratorium patologi anatomi rumah sakit Saiful Anwar, Malang, Indonesia yang telah di diagnosis oleh dokter. Citra sediaan tersebut telah diklasifikasikan berdasarkan jenis kanker servik yaitu normal, pra kanker dan ganas. Pra kanker dibagi menjadi tiga yaitu Cervical Intraepithelial Neoplasia (CIN) 1, 2 dan 3. Citra sediaan diambil menggunakan mikroskop digital dengan magnifikasi 400x , resolusinya 4080 x 3072 pixel. Jumlah data yang digunakan pada penelitian ini adalah 475 citra yang terdiri atas 60 citra normal , 70 citra CIN1, 50 citra CIN2, 50 citra CIN3 dan 245 citra kanker.

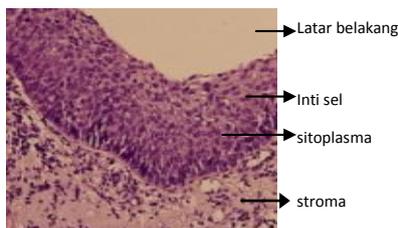
Gambar 1 menunjukkan beberapa contoh dari data yang digunakan. Gambar 2 menunjukkan komponen dari citra histology servik. Citra histologi servik menunjukkan struktur anatomi sel dalam bentuk yang tidak beraturan dan distribusi yang kompleks. Citra histologi mempunyai beberapa komponen yaitu: latar

Rahmadwati adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (korespondensi dengan penulis melalui email: rahma@ub.ac.id)

belakang, squamous epithelium (inti sel dan sitoplasma) dan stroma. Dari beberapa komponen tersebut, inti sel dan sitoplasma merupakan informasi terpenting yang untuk didiagnosis, sedangkan latar belakang dan stroma dihilangkan. Squamous epithelium memberikan informasi diagnostik berkaitan dengan keadaan sel normal ataupun tidak normal. Ketidak normalan sel ditunjukkan dengan pembesaran intisel, struktur sel yang perkembangannya tidak terkontrol, bentuk sel yang tidak beraturan, besarnya rasio inti sel dengan sitoplasma, banyaknya variasi bentuk intisel. Sedangkan normal sel ditunjukkan dengan rasio antara intisel dan sitoplasma 1:4 atau 1:6, bentuk sel yang beraturan, struktur sel yang tidak bervariasi dan intiselyang tidak hipekromatik.



Gambar 1: Citra servik normal (a), CIN 1(b), CIN2 (c), CIN3 (d) dan ganas (e). Citra ini diambil di laboratorium patologi anatomi rumah sakit Saiful Anwar Malang,Indonesia



Gambar 2. Citra histology servik

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini meliputi teknik pre- processing, segmentasi, operasi morfologi, pengektrasian ciri, pengklasifikasian.

A. Pre-processing

Pre-processing bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra. Pada penelitian ini menggunakan median filter. Median filter dapat digunakan untuk mengurangi noise pada citra dalam domain spasial [8]. Median filter merupakan salah satu metode yang menggunakan mask processing. Pada median filter untuk menentukan nilai masknya berdasarkan pengurutan nilai piksel di sekitar mask yang telah ditentukan, dan dicari nilai tengahnya. Contoh piksel citra dengan mask 3x3 ditunjukkan pada Gambar 3.

100	120	120	123	121
111	115	115	116	118
115	114	115	118	120
119	117	118	119	121
121	118	119	120	120

Gambar 3. Contoh piksel citra dengan mask 3x3

Berikut cara mencari nilai tengah dari mask yang telah ditentukan:

1. Mengurutkan nilai piksel dari mask yang telah ditentukan.
114, 115,115, 115, 116,117,118,118,119
2. Penentuan nilai tengah yaitu 116
3. Nilai 116 menggantikan nilai 115 yang terdapat pada tengah mask.

B. Segmentasi Citra

Segmentasi citra bertujuan untuk memisahkan obyek satu dengan obyek yang lain dalam suatu citra. Pada penelitian ini menggunakan teknik segmentasi K-means clustering berdasarkan warna. Citra histologi servik mempunyai empat warna yang dominan yaitu latar belakang (putih), inti sel (ungu), sitoplasma (merah muda) dan stroma (merah muda ketuaan) [9]. K-means clustering dapat memisahkan citra biopsy servik ke dalam komponen-komponennya berdasarkan warna. Jumlah kelas di definisikan terlebih dahulu dan berdasarkan jarak Euclidian kemudian masing-masing komponen diklasifikasikan [10]. K-means clustering di set ke dalam empat kelas untuk membedakan inti sel, latar belakang, sitoplasma dan stroma.

C. Operasi morfologi

Operasi morfologi digunakan untuk memperbaiki kualitas citra. Operasi morfologi berdasarkan operasi matematika. Erosi dan dilasi merupakan dasar dari operasi morfologi [8]. Di dalam penelitian ini menggunakan erosi dan dilasi untuk memperoleh kualitas citra inti sel dan sitoplasma yang baik. Operasi morfologi ini menghilangkan piksel yang tidak diinginkan.

D. Ekstraksi ciri

Ekstraksi ciri adalah mengestimasi ciri obyek yang

membedakan antara satu dengan yang lain. Pada penelitian ini menggunakan sifat morfologi dari sel. Dari ekstraksi ciri ini terdapat dua informasi dari citra yaitu intensitas piksel dan spasial piksel. Berikut ciri sitologi dan histologi citra servik berdasarkan ciri morfologinya:

1. Rasio intisel dan sitoplasma

Karakteristik terpenting untuk menentukan derajat ketidaknormalan suatu sel berdasarkan rasio intisel terhadap sitoplasma atau dikenal dengan Cytoplasm to Nuclei (C/N). Umumnya suatu sel yang abnormal mencapai 1:1 untuk nilai C/N nya [6]. Untuk menghitung C/N ditunjukkan pada persamaan 1.

$$C/Nratio = \frac{area\ intisel}{area\ sel} \quad (1)$$

2. Faktor bentuk

Faktor bentuk atau shape factor digunakan untuk melihat bentuk dari sel. Ciri sel yang tidaknormal adalah bentuknya tidak teratur dan bentuknya bervariasi seperti oval, tadpole, bizarre, caudate dan round [11]. Untuk sel yang normal, shape factornya mendekati satu. Persamaan 2 menunjukkan formula untuk menghitung shape factor atau juga dikenal roundness (factor kebulatan).

$$Shape\ factor = \frac{4\pi \times area\ intisel}{perimeter^2} \quad (2)$$

3. Struktur

Struktur citra histology yang tidaknormal adalah pleiomorphic yaitu mempunyai ukuran sel yang bervariasi. Ukuran intisel pada sediaan histology beragam, ada yang besar dan kecil. Berdasarkan persamaan 3 dapat diperoleh tingkat variasi dari inti sel.

$$Pleiomorphic = \frac{Perimeter^2}{Area} \quad (3)$$

IV. EKSPERIMEN

Pada penelitian ini terdapat beberapa langkah yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.

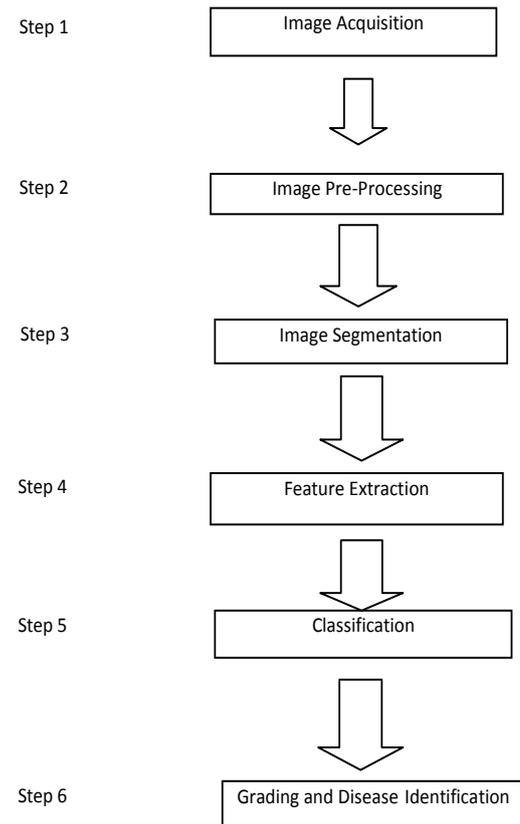
A. Image Acquisition

Tahap pertama dalam CADSS adalah image acquisition. Pada tahap ini bagaimana memperoleh citra histologi servik. Citra histologi diperoleh dari sediaan biopsy servik yang telah di beri warna menggunakan zat Hematoxylin dan Eosin (H&E) [12]. Pemberian warna tersebut bertujuan untuk memudahkan pengamat mengenali struktur sel. Langkah berikutnya adalah menganalisa slide sediaan dibawah mikroskop. Kemudian diambil citranya menggunakan mikroskop digital dengan resolusi dan fidelitas maksimum .

B. Image Pre-processing

Setelah citra histologi servik diperoleh, untuk menghilangkan noise, mengurangi waktu computational dan luminansi selama image acquisition maka dilakukan image pre-processing. Pada penelitian ini menggunakan

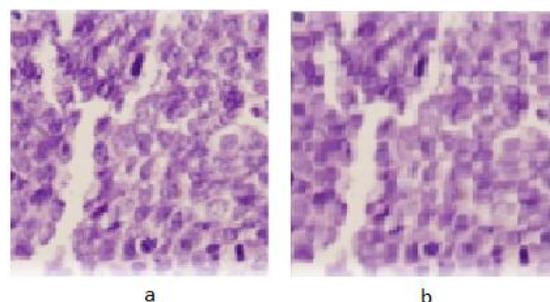
median filter. Hasil citra menggunakan median filter ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 4 Block diagram of CADSS steps

C. Segmentasi Citra

Pada proses segmentasi, memisahkan obyek yang diinginkan dari obyek yang lain. Berdasarkan warna-warna dominan yang terdapat pada citra histologi, pada penelitian ini menggunakan metode K-means clustering.



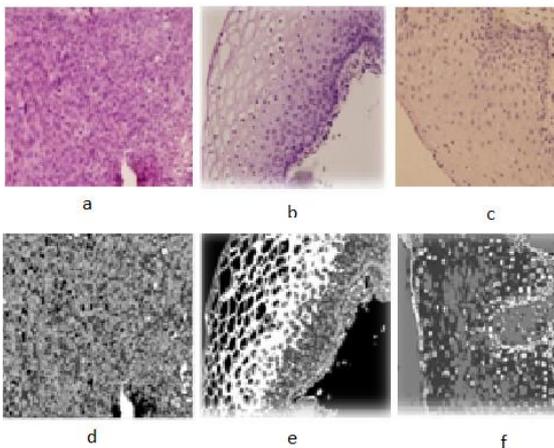
Gambar 5.(a) Citra asli (b) Citra yang sudah di filter

Pada tahap ini segmentasi dilakukan berdasarkan warna dominan di sediaan histology. Sehingga pada penelitian ini K-means clustering berdasarkan warna mensegmen citra histologi menjadi empat komponen. Dimana latarbelakang dengan warna dominan putih, stroma dengan warna dominan merah muda ketuaan, intisel ke dalam warna ungu dan sitoplasma ke dalam warna merah muda. Langkah-langkah yang dilakukan pada proses ini adalah sebagai berikut:

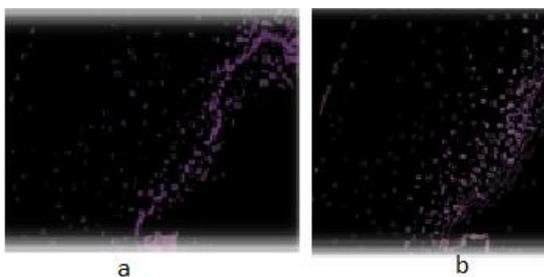
- Citra yang telah difilter mempunyai format RGB. Kemudian dikonversikan ke dalam CIE Lab. Dipilih format ini dikarenakan CIE Lab menyediakan spectrum cahaya tampak yang paling lengkap untuk mata manusia. Komponen L memuat unsur kecerahan dari

suatu warna. Komponen a menampilkan warna sepanjang sumbu merah sampai hijau dan komponen b menampilkan warna sepanjang sumbu warna biru hingga kuning.

- Pada proses ini segmentasi dilakukan berdasarkan jarak Euclidian dimana jarak diukur untuk masing-masing warna yang telah didefinisikan. Lokasi dari initial cluster telah ditentukan dan jarak terhadap warna telah dikuantifikasi dengan distance metric. Piksel yang mempunyai jarak yang sama atau berdekatan diletakkan dalam satu kelas.
- Setiap komponen pada citra histology diperoleh dengan mensegmentasi citra ke dalam empat kelas. Hasil dari K-means clustering dapat dilihat pada Gambar 6. Pada Gambar 6 a,b, c menunjukkan citra servik yang normal, pra kanker dan kanker, sedangkan Gambar 6 d,e,f menunjukkan hasil proses K-means clustering. Citra hasil dalam bentuk grayscale bertujuan untuk lebih mudah dibedakan antara komponen satu dengan yang lain.



Gambar 6. Merupakan citra dari (a) servik normal, (b) pra kanker dan (c) ganas. Dan (d), (e) dan (f) adalah Citra hasil yang telah disegmentasi menggunakan K-means clustering



Gambar 7 (a) Intisel (b) Sitoplasma

D. Operasi Morfologi

Citra intisel dan sitoplasma telah terpisah melalui proses segmentasi. Untuk memperbaiki kualitas citra dilakukan operasi morfologi sehingga didapatkan citra intisel dan sitoplasma yang sempurna. Pada penelitian ini citra inti sel dan citra sitoplasma diaplikasikan dengan operasi erosi terlebih dahulu kemudian operasi dilasi. Operasi erosi dimaksudkan menghilangkan piksel piksel yang bukan termasuk intisel maupun sitoplasma.

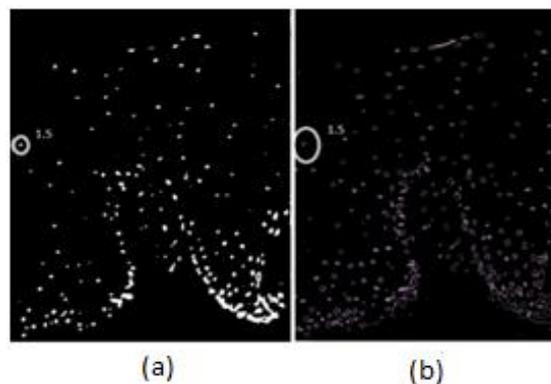
Sehingga diperoleh citra yang utuh, kemudian disempurnakan dengan operasi dilasi. Hasil operasi morfologi ditampilkan pada Gambar 7.

E. Metode Matching

Intisel dan Sitoplasma yang telah tersegmentasi mempunyai centroid. Posisi intisel dan sitoplasma berasal dari centroid. Sistem ini mencari lokasi yang berkorelasi antara intisel dan sitoplasma atau disebut matching method. Area inti sel dan sitoplasma yang berkorelasi dihitung supaya diperoleh nilai C/N rasionya. Pada penelitian ini menggunakan program Matlab.

1. Suatu system yang berkorelasi, jumlah intisel dan sitoplasma telah didefinisikan. Lokasi masing-masing inti sel dan sitoplasma telah di tabelkan. Jarak antara inti sel dan sitoplasma dihitung berdasarkan pengurangan koordinat x dan y nya. Kemudian korelasi antara inti sel dan sitoplasma dihitung. Berdasarkan lokasi inti sel dan sitoplasma, inti sel dan sitoplasma mana yang berkorelasi (berpasangan) ditentukan jika jarak antara keduanya kurang dari delapan piksel dan dikatakan tidak berpasangan jika lebih dari jarak tersebut.
2. Kemudian dilanjutkan dengan penghitungan jumlah inti sel dan sitoplasma yang berkorelasi.

Gambar 8 menunjukkan contoh intisel dan sitoplasma yang berkorelasi.



Gambar 8. Citra intisel dan sitoplasma yang saling berkorelasi (a) Intisel dan (b) Sitoplasma

E. Ekstraksi Ciri

Berdasarkan ciri atau karakteristik yang telah dipaparkan di atas, maka citra intisel dan sitoplasma yang berkorelasi diekstrak cirinya. Pada bagian ini citra inti sel dan sitoplasma di ekstrak dengan karakteristik morfologi. Informasi yang berhubungan dengan ciri ukuran, bentuk dari inti sel dan sitoplasma termasuk dalam karakteristik morfologi. Karakteristik yang berkaitan dengan ukuran meliputi radius, area dan perimeter suatu sel. Sedangkan compactness, roundness, smoothness, length of major and minor axes, symmetry, concavity termasuk dalam ciri bentuk suatu sel.

F. Klasifikasi

Teknik klasifikasi tree adalah metode klasifikasi yang menggunakan konsep struktur pohon untuk

mengklasifikasi datanya dari beberapa sample. Pada klasifikasi tree ini ciri yang telah terkuantifikasi yang menampilkan data sample di proses dengan menggunakan logika if-then yang memisahkan ciri variabel ke dalam kawasan yang tidak overlap sehingga variabel tak bebas bisa ditentukan. Pada klasifikasi tree ini ada empat langkah yaitu:

1. Tree dibangun dengan membuat node yang terpisah. Tiap-tiap node adalah variabel tak bebas yang menunjukkan kelas yang diprediksi. Ini dipilih dalam rangka proses training. Proses ini berulang sampai tidak ada node yang diseleksi.
2. Langkah kedua adalah menghasilkan titik berdasarkan informasi yang sesuai pada proses training diikuti dengan pembuatan tree yang akan diberhentikan.
3. Langkah ketiga adalah menyederhanakan nodes atau cabang yang akan mengurangi ukuran klasifikasi tree dengan cara menghilangkan cabang atau nodes yang memberikan klasifikasi yang lemah.
4. Seleksi yang optimal dengan akurasi yang tertinggi diperoleh dengan memaksimalkan penyesuaian kedalam himpunan data training.

Pada penelitian ini terdapat 475 citra yang digunakan untuk training maupun testing. Terdapat 75 citra yang digunakan untuk proses training. Citra ini diproses dengan menggunakan klasifikasi tree untuk mengekstrak factor pembedanya atau classifier. Sehingga dapat terlihat ciri pembeda antara normal dan abnormal sel. Dari proses training diperoleh classifier untuk ciri normal dan abnormal sel yang ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL I
KARAKTERISTIK INTI SEL

Type	C/N	Shape factor	Compactness	Diameter (pixel)
Normal	0.0265± 0.006	0.89	12.30	13.26±0.0045
Abnormal	0.2246±0.002	0.73	13.56	18.49±0.0059

Hal yang menarik dari Tabel I adalah pada tipe kelas kanker nilai N/C, shape factor dan N/C mempunyai nilai terbesar tetapi nilai roundnessnya terkecil. Pada kanker, nilai C/N rasionya mendekati satu, hal ini merupakan factor pembeda dengan yang lain. Shape factor yang tinggi menunjukkan inti sel yang mempunyai bentuk yang tidak teratur. Sedangkan roundness mendekati satu menunjukkan bentuk intisel bulat. Sistem mengenali normal maupun abnormal sel berdasarkan karakteristik di atas.

G. Grading dan Identifikasi penyakit

Setelah citra sel didefinisikan ke dalam kategori normal dan abnormal, maka tahap berikutnya adalah mengklasifikasi citra histology berdasarkan jenis penyakitnya. Pengelompokan ini berdasarkan standar nomenklatur histology servik yang telah ditetapkan oleh Richart. Jumlah normal dan abnormal sel di kuantifikasikan untuk menentukan kelasnya.

Klasifikasi ini terinspirasi dari cara dokter menganalisa slide sediaan. Sistem akan mengklasifikasi citra kedalam kelas normal, CIN1, CIN2, CIN3 dan ganas dengan menggunakan rasio antara jumlah sel normal dan abnormal. Klasifikasi ini berdasarkan patologis dan arahan diagnostic dari bentuk linguistic yang diterjemahkan dalam bentuk pengukuran kuantitatif. Klasifikasi di asumsikan sebagai berikut

1. Normal: jika rasio antara jumlah sel abnormal terhadap jumlah sel total adalah kurang dari 1/10.
2. CIN1: jika rasio antara jumlah sel abnormal terhadap jumlah sel total adalah kurang dari 1/3.
3. CIN2: jika rasio antara jumlah sel abnormal terhadap jumlah sel total lebih dari 1/3 tetapi kurang dari 2/3.
4. CIN3: jika rasio jumlah sel abnormal terhadap jumlah sel total lebih dari 2/3 tetapi tidak lebih dari 4/5
5. Ganas: jika rasio jumlah sel abnormal terhadap jumlah sel total lebih dari 4/5 dan mendekati 1.

V. HASIL DAN ANALISA

Pada bagian grading dan identifikasi penyakit, semua citra telah diklasifikasikan dan hasilnya ditampilkan pada Tabel II.

TABEL II
HASIL CADSS MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING EL

Category	Normal	CIN 1	CIN 2	CIN 3	Ganas	Total
Normal	48	9	3			60
CIN1		53	15	2		70
CIN2		2	43	5		50
CIN3		2	3	45		50
Malignant			8	18	219	245

CIN dan ganas digolongkan ke dalam abnormal. Performansi dari metode ini ditampilkan pada Tabel 3.

TABEL III
PERFORMANSI K-MEANS CLUSTERING

False Positive	False Negative	True Positive	True Negative
12	0	415	48

Pada Tabel III, jumlah False Positive adalah 12 berarti terdapat 12 kasus normal diklasifikasikan kedalam kategori abnormal, meskipun demikian system berhasil mengidentifikasi semua kasus abnormal yang ditunjukkan pada kolom True positive.

Sensitivitas pada metode ini adalah sebagai berikut:

$$\text{sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{415}{415+0} = 1$$

Sensitifitas metode ini adalah 1 yang berarti system mengenali semua kasus ketidaknormalan (abnormal). Selain itu specificity dapat dihitung sebagai berikut

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} = \frac{48}{48+12} = 0.8$$

Specificity adalah 0.8 yang berarti hanya 80% dari semua citra histology yang terkenali sebagai kategori normal.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, diagnosis kanker servik berdasarkan karakteristik morfologi telah dilakukan. Segmentasi berdasarkan warna dapat bekerja untuk memisahkan komponen dari citra histology servik, tetapi perlu diperhatikan pada proses pewarnaan slide. Karena kualitas pewarnaan mempengaruhi proses ini. CADSS menggunakan K-means clustering memberikan hasil yang menjanjikan pada klasifikasi normal, CIN1, CIN2, CIN3 dan ganas. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dibutuhkan system pewarnaan yang seragam, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

REFERENCES

- [1] W. H. Organisation, "Strengthening Cervical Cancer Prevention and Control," Report of the GAVI-UNFPA-WHO meeting 27 June 2010, 2010.
- [2] E. J. Domingo, R. Noviani, M. R. M. Noor, C. A. Ngelangel, K. K. Limpaphayom, T. Van Thuan, K. S. Louie, and M. A. Quinn, "Epidemiology and Prevention of Cervical Cancer in Indonesia, Malaysia, the Philippines, Thailand and Vietnam," *Vaccine*, vol. 26, pp. M71-M79, 2008.
- [3] A. Prayitno, "Cervical cancer with Human Papilloma Virus and Epstein Barr Virus positive," *Journal of Carcinogenesis*, vol. 5, 2006.
- [4] M. Henderson, "Vaccine Could Wipe out Deadly Cervical Cancer". Alliance for Microbicide Development Weekly News Digest 6(4). 2005.
- [5] Y. Wang, R. Turner, D. Crookes, J. Diamond, and P. Hamilton, "Investigation of Methodologies for the Segmentation of Squamous Epithelium from Cervical Histological Virtual Slides," *International Machine Vision and Image Processing Conference* pp. 83-90, 2007.
- [6] K. B. Kim, Song, Doo Heon., Woo, Young Woon "Nucleus Segmentation and Recognition of Uterine Cervical Pap-Smears," *Proceeding RSFDGrC '07 Proceedings of the 11th International Conference on Rough Sets, Fuzzy Sets, Data* pp. 153-160, 2007.
- [7] J. P. Thiran and B. Macq, "Morphological Feature Extraction for the Classification of Digital Images of Cancerous Tissues," *IEEE*, vol. 43, pp. 10101-102, 1996.
- [8] W. R. Gonzales.R, *Digital Image Processing*. New Jersey: Pearson Prentice Hill, 2008.
- [9] Rahmadwati, G. Naghdy, M. Ros, and C. Todd, "Morphological Characteristics of Cervical Cells for Cervical Cancer Diagnosis," *Proceedings of the 2011 2nd International Congress on Computer Applications and Computational Science*, vol. 145, pp. 235-243, 2012.
- [10] D. I. I. a. P. F. Helan, "Color Image Segmentation Using a Spatial K-Means Clustering Algorithm," *Vision System Group*, 2009.
- [11] H. Frederich Nauth, *Gynecological Cytology*, First ed. Germany: Thieme, 2007.
- [12] L. G. Koss and M. R. Melamed, "Diagnostic Cytology And Its Histopathologic Bases," 5, Ed. Philadelphia, Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkin., 2005.
- [13] X. Castellsague, S. d. Sanjose, T. Aguado, K. S. Louie, L. Bruni, J. Munoz, M. Diaz, K. Irwin, M. Gacic, O. Beauvais, G. Albero, E. Ferrer, S. Byrne, and F. X. Bosch, "HPV and Cervical Cancer in the World. 2007 Report," *Vaccine* vol. 25, 2007.