

Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:
Almas Amalina Fadhilah
NIM 11305144010

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2015

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kanker serviks atau yang disebut juga sebagai kanker mulut rahim merupakan salah satu penyakit kanker yang paling banyak ditakuti kaum wanita. Berdasarkan data yang ada, dari sekian banyak penderita kanker di Indonesia, penderita kanker serviks mencapai sepertiganya. Dan dari data WHO tercatat, setiap tahun ribuan wanita meninggal karena penyakit kanker serviks ini dan merupakan jenis kanker yang menempati peringkat teratas penyebab kematian wanita di dunia.

Kanker serviks menyerang pada bagian organ reproduksi kaum wanita, tepatnya di daerah leher rahim atau pintu masuk ke daerah rahim yaitu bagian yang sempit di bagian bawah antara kemaluan wanita dan rahim. *Human Papilloma Virus* (HPV) merupakan penyebab dari kanker serviks, sedangkan penyebab banyak kematian pada kaum wanita adalah virus HPV tipe 16 dan 18. Seorang wanita bisa terinfeksi virus ini pada usia belasan tahun dan baru diketahui mengidap kanker 20 atau 30 tahun kemudian setelah infeksi kanker menyebar.

Menurut Dr. dr. Junita Indarti, SpOG dari Departemen Obstetri dan Ginekologi FKUI-RSCM, saat ini ada beberapa pilihan cara mendeteksi dini dari kanker serviks. Secara umum, dia mengatakan bahwa deteksi dini kanker serviks dibagi menjadi dua, yaitu pemeriksaan sitologi dan pemeriksaan HPV. Pemeriksaan sitologi bertujuan mendeteksi perubahan sel serviks akibat

KOMBINASI MODEL FUZZY DAN REGRESI STEPWISE UNTUK DIAGNOSIS STADIUM KANKER SERVIKS

Oleh:
Almas Amalina Fadhilah
11305144010

ABSTRAK

Kanker serviks menjadi penyebab ribuan wanita meninggal setiap tahunnya dan merupakan jenis kanker yang menempati peringkat teratas penyebab kematian wanita di dunia. *Human Papilloma Virus* (HPV) merupakan penyebab kanker serviks. Pada kanker serviks stadium awal sulit ditemukan gejalanya, karena itu deteksi dini perlu dilakukan secepatnya. Proses deteksi dini yang cepat, akurat dan murah pun dibutuhkan. Diagnosis stadium kanker serviks menggunakan kombinasi model fuzzy dan regresi *stepwise* ini memiliki tujuan untuk mendiagnosis stadium kanker serviks berdasarkan gambar hasil kolposkopi.

Proses penentuan stadium kanker serviks dilakukan dengan mengubah tipe gambar kolposkopi dari tipe *red green blue* (RGB) menjadi *grayscale*. Setelah itu diambil 21 sifat-sifat gambar dengan mengekstraknya menggunakan *gray level cooccurrence matrix* (GLCM). Dua puluh satu sifat gambar tersebut kemudian diseleksi agar diperoleh faktor yang spesifik. Setelah dilakukan seleksi variabel dengan regresi *stepwise* menggunakan SPSS, dihasilkan 4 faktor yang spesifik yaitu *difference entropy*, *mean*, *correlation* dan *sum average*. Keempat faktor inilah yang kemudian dijadikan *input* pada model fuzzy yang dibangun. Model fuzzy menggunakan representasi kurva Gauss untuk himpunan *input* dan representasi kurva segitiga untuk himpunan *output*. Metode yang digunakan adalah metode *mandani* dengan defuzzifikasi *mean of maxima* (MOM). Aturan fuzzy jika-maka dibentuk dari 80 data latih.

Hasil defuzzifikasi dari 80 data latih menghasilkan tingkat akurasi sebesar 95% dan tingkat akurasi dari 10 data uji sebesar 90%. Dengan menggunakan MATLAB 2013b dibangun sistem *Graphic User Interface* (GUI) agar model fuzzy yang telah dibangun lebih interaktif terhadap pengguna.

Kata Kunci: Kanker Serviks, Diagnosis, Kolposkopi, Model Fuzzy, Regresi Stepwise

vii

radang atau perubahan sel ke arah keganasan. Pemeriksaan sitologi ini dibagi menjadi dua, yaitu Pap Smear Konvensional dan LBC (*Liquid-Based Cytology*). Sedangkan pemeriksaan HPV bertujuan untuk mendeteksi adanya infeksi HPV, bahkan sebelum terjadinya perubahan sel serviks. Bahan pemeriksaan diambil dari spesimen yang sama dengan pemeriksaan sitologi berbasis cairan. Pemeriksaan infeksi HPV mempunyai sensitivitas yang tinggi dalam mendeteksi garis tepi luka pra-kanker, terlebih bila dilakukan sekaligus bersama pap smear.

Kesalahan dalam mendiagnosa mendorong para peneliti untuk melakukan penelitian tidak hanya sebatas mengetahui faktor penyebab dan cara pengobatan tetapi deteksi dini dengan bantuan sistem komputer. Pendeteksian dengan sistem komputer ini cenderung lebih murah dan tingkat keakuratannya tinggi tergantung metode maupun faktor yang digunakan. Pendeteksian dini ini dapat digunakan dokter maupun pihak yang terkait dalam mendiagnosis kanker serviks.

Yushaila (2013) mengklasifikasi stadium kanker serviks menggunakan model fuzzy. *Input* yang digunakan pada penelitian ini adalah entropi, kontras, korelasi, energi, homogen, IDM, sum varian, max probabilitas, dan dissimilar. Hasil penelitian ini seseorang dapat didiagnosis menjadi normal, stadium 1, stadium 2, stadium 3, atau stadium 4.

Pada penelitian terbaru, Mohammad Subhi, dkk (2014) mencoba mengidentifikasi kanker serviks menggunakan *Multiple Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dengan *Automatic Features Extraction Algorithm*.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti mencoba melakukan kajian diagnosis kanker serviks dengan kombinasi penerapan model *fuzzy* dan regresi *stepwise*. Diagnosis kanker serviks ini menggunakan data hasil kolposkopi dan menghasilkan diagnosis normal, stadium 1, stadium 2, stadium 3, dan stadium 4.

Model *fuzzy* adalah suatu sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori logika *fuzzy* dan memiliki beberapa proses seperti *rule base*, inferensi, fuzzifikasi dan defuzzifikasi. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output* dengan menggunakan aturan *fuzzy* (Agus, 2009: 1).

Model *fuzzy* banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti proses sinyal, kontrol, komunikasi, bisnis, kesehatan, dan lain-lain. Beberapa contoh penggunaan model *fuzzy* seperti pada mesin cuci, kamera perekam, sistem otomatis pada mobil, sistem pengaturan lalu lintas kereta api di Jepang (Wang, 1997: 7-11), sistem *life-support*, sistem tes, sistem diagnosa pada bidang kesehatan, robot, mesin *scanner*, *rice cooker* dan masih banyak lagi (Ibrahim, 2004: 1-4). Karena *fuzzy* dapat menjelaskan atau memberi toleransi terhadap nilai-nilai kabur, maka *fuzzy* sangatlah cocok digunakan untuk

□

B. Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini tidak terlalu luas, maka peneliti akan membatasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Gambar yang digunakan adalah gambar sekunder hasil kolposkopi yang dapat diolah sehingga dapat digunakan sebagai faktor diagnosis stadium kanker serviks.
2. Hasil ekstraksi gambar diseleksi menggunakan regresi *stepwise*.
3. Hasil seleksi variabel digunakan sebagai *input* pada pembentukan model *fuzzy*.
4. *Software* yang digunakan adalah IBM SPSS Statistic 20 dan MATLAB R2013b.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses penentuan stadium kanker serviks dengan menggunakan kombinasi model *fuzzy* dan regresi *stepwise*?
2. Seberapa besar tingkat keakuratan penentuan stadium kanker serviks dengan menggunakan kombinasi model *fuzzy* dan regresi *stepwise*?

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

□

proses diagnosis kanker serviks yang nilai parameternya bersifat relatif (interval).

Data *input* yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar/foto hasil tes kolposkopi. Hasil dari pengestraksian menggunakan fitur *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) akan menghasilkan *output* sebanyak 21 faktor yang akan diseleksi menggunakan regresi *stepwise*.

Untuk mendapatkan variabel input yang spesifik dan tidak bias untuk penentuan variabel dependen maka diperlukan seleksi variabel. Prosedur regresi bertahap atau yang dikenal juga dengan nama regresi *stepwise* adalah prosedur pemilihan himpunan variabel prediktor terbaik. Aplikasinya dilakukan dengan menghilangkan atau memasukkan variabel independen secara bertahap (*stepwise*) dan selanjutnya melakukan pengujian semua himpunan prediktor terbaik yang memenuhi beberapa kriteria yang ditetapkan. Proses seleksi variabel ini bertujuan untuk mencari variabel yang spesifik yang akan digunakan sebagai *input* dalam model *fuzzy*. Seleksi variabel pada penelitian ini menggunakan regresi *stepwise* karena setelah dicoba dengan metode regresi linier yang lain, *output* model *fuzzy* dengan *input* hasil regresi *stepwise* lebih baik dibandingkan dengan regresi yang lainnya.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis hendak melakukan kajian yang berjudul "Kombinasi Model *Fuzzy* dan Regresi *Stepwise* untuk Diagnosis Stadium Kanker Serviks". Tulisan ini diharapkan dapat berguna bagi perkembangan ilmu kesehatan dan ilmu matematika nantinya.

□

1. Menjelaskan proses penentuan stadium kanker serviks dengan menggunakan kombinasi model *fuzzy* dan regresi *stepwise*.
2. Mendeskripsikan tingkat keakuratan penentuan stadium kanker serviks dengan menggunakan kombinasi model *fuzzy* dan regresi *stepwise*

E. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
Secara teoritis, tulisan ini mampu menambah ilmu pengetahuan dan perkembangan di bidang kesehatan, dan ilmu matematika sendiri.
2. Manfaat Praktis
 - a. Bagi Peneliti
Menambah pengetahuan tentang proses *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) yang dilakukan dalam mengekstrak gambar menggunakan MATLAB dan proses seleksi variabel menggunakan regresi *stepwise*. Serta dapat menambah wawasan tentang model *fuzzy* dalam aplikasi diagnosis kanker serviks.
 - b. Bagi Dokter
Memudahkan dokter dalam mendiagnosa stadium kanker serviks dan mempercepat proses pengklasifikasian.
 - c. Bagi Masyarakat
Mempercepat dan mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam pemeriksaan.

□

metplasia epitel di daerah skuamokolumner junction yakni daerah peralihan dari mukosa vagina dan juga mukosa kanalis servikalis. Penyakit kanker serviks merupakan penyakit kanker yang terjadi pada leher rahim atau serviks, suatu daerah yang berada pada organ reproduksi wanita yang merupakan pintu masuk menuju rahim. (<http://www.kankerservik.com>)

I. Penyebab Kanker Serviks

Human Papilloma Virus (HPV) merupakan penyebab dari kanker serviks. Sedangkan penyebab banyak kematian pada kaum wanita adalah virus HPV tipe 16 dan 18 (cancerscreening.nhs.uk). Virus ini sangat mudah menyebar, tidak hanya melalui cairan, tetapi juga bisa berpindah melalui sentuhan kulit. Selain itu, pengguna toilet umum yang sudah terkena virus HPV dapat menjangkiti pengguna lainnya bila tidak dibersihkan dengan baik.

Menurut Tim Kanker Serviks, faktor lain yang juga bisa menyebabkan tumbuhnya sel kanker, diantaranya:

a. Kurangnya Tes Pap Smear secara teratur.

Kanker leher rahim lebih sering terjadi pada wanita yang tidak menjalani tes pap smear secara teratur. Tes pap smear membantu

□

kanker. Dari beberapa penelitian ternyata defisiensi terhadap asam folat, vitamin C, E, beta karotin/retinol berhubungan dengan peningkatan resiko kanker serviks (Imam Rosidi, 2010: 63-64).

d. Usia

Resiko faktor kanker serviks sangat berhubungan dengan usia, terutama wanita yang telah berusia lebih dari 40 tahun. Akan tetapi memungkinkan untuk wanita yang lebih muda juga mengalaminya, yaitu usia 35 tahun hingga 40 tahun (www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2798948/).

e. Kurangnya Sistem Kekebalan Tubuh

Wanita yang terinfeksi HIV dan wanita yang sering mengkonsumsi obat-obatan untuk menekan sistem imun pada tubuh akan lebih memiliki resiko terkena kanker serviks. Para ahli menyarankan untuk melakukan skrining secara teratur untuk mencegah kanker serviks timbul lebih awal. Displasia serviks beresiko lebih tinggi pada wanita dengan penyakit autoimun lupus eritematosus sistemik atau rheumatoid arthritis. Penggunaan obat penekanan kekebalan tubuh dalam kondisi ini dapat berubah menjadi virus HPV (www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2798948/).

f. Usia Saat Pertama Kali Berhubungan Seksual

Orang-orang yang beresiko dengan kanker serviks karena sebagian besar karena pengaruh hubungan intim. Wanita yang melakukan hubungan seksual sejak berusia 14 tahun atau lebih muda memiliki resiko yang lebih tinggi di bandingkan dengan mereka yang

□

dokter menemukan sel abnormal. Menghapus atau membunuh sel-sel abnormal biasanya mencegah kanker serviks.

b. Merokok

Terdapat data yang mendukung rokok sebagai penyebab kanker serviks dan hubungannya dengan sel kanker skuamosa pada serviks. Mekanisme kerjanya bisa secara langsung melalui aktivitas mutasi mukus serviks (cairan pada permukaan mulut rahim) pada perokok atau melalui efek immunosupresif (mengurangi daya tahan tubuh) yang muncul dari kebiasaan merokok.

Tembakau pada rokok juga mengandung bahan-bahan karsinogenik (penyebab kanker) baik yang dihisap sebagai rokok maupun sigaret yang dikunyah. Asap rokok sendiri menghasilkan *polycyclic aromatic hydrocarbons heterocyclic amine* yang sangat karsinogen (penyebab kanker) dan mutagen (penyebab mutasi).

Bahan yang berasal dari tembakau yang dihisap terdapat pada mukus serviks wanita perokok dan dapat menjadi kokarsinogen infeksi virus. Bahan-bahan tersebut juga terbukti dapat menyebabkan kerusakan DNA epitel serviks sehingga dapat menyebabkan neoplasma serviks (Imam Rosidi, 2010: 61-62).

c. Diet

Diet rendah karotenoid dan defisiensi asam folat juga dapat memicu tumbuhnya sel kanker. Banyak sayur dan buah yang mengandung bahan-bahan antioksidan dan berkhasiat mencegah

□

melakukan hubungan seksual pada saat berusia 25 tahun atau lebih tua (www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2798948/).

g. HIV

Virus HIV juga berpotensi menyebabkan kanker serviks yang memungkinkan enam kali lipat lebih tinggi pada wanita. Akan tetapi resiko ini dapat dikurangi dengan cara pengobatan terapi antiretroviral. Terapi ini juga dapat meningkatkan fungsi pada kekebalan tubuh untuk membantu pembersihan dari virus HPV (www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2798948/).

h. Penggunaan Alat Kontrasepsi

Penggunaan alat kontrasepsi oral juga bisa menyebabkan kanker serviks. Kontrasepsi oral merupakan alat penunda kehamilan paling terpercaya bila dibandingkan dengan alat kontrasepsi lainnya. Alat kontrasepsi ini berbentuk pil kb yang tentunya untuk mengkonsumsi pil ini harus dengan rekomendasi dokter. Sebanyak 10% kanker serviks disebabkan oleh penggunaan alat kontrasepsi dan dua kali lipat lebih beresiko dibandingkan yang tidak pernah menggunakan alat kontrasepsi. Jika menggunakan alat kontrasepsi lebih dari lima tahun sampai 10 tahun, akan lebih beresiko pada kanker serviks dibandingkan yang normal (www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2798948/).

i. Riwayat Kanker Sebelumnya

Kanker serviks akan berkembang kurang dari 1% pada wanita yang memiliki karsinoma insitu. Resiko kanker serviks akan lebih

□

74-89% resiko kanker serviks pada wanita dan umumnya akan mengincar ibu, saudara perempuan hingga anak perempuan. Bila dibandingkan dengan adenokarsinoma, bagian dari kelenjar endoserviks memiliki tingkat keganasan hanya sebesar 39-69% ([www.parkwaycancercenter.com](#)).

k. Diethylstilboestrol (DES)

Diethylstilboestrol (DES) merupakan hormon sintetik estrogen yang diberikan pada wanita untuk mencegah keguguran. Jika seorang wanita mengambil DES pada saat hamil, kemungkinan leher rahim tidak akan kompeten ([www.parkwaycancercenter.com](#)).

l. Memiliki Banyak Pasangan Seksual

Perempuan yang memiliki banyak pasangan seksual beresiko tinggi untuk menderita kanker serviks. Selain itu, perempuan yang berhubungan seksual dengan seorang laki-laki yang mempunyai banyak pasangan seksual juga beresiko tinggi untuk menderita kanker serviks. Artinya perempuan ini mempunyai resiko lebih tinggi dari rata-rata orang yang bisa terinfeksi HPV.

11

p. Status ekonomi sosial

Wanita miskin berada pada tingkat risiko kanker serviks yang lebih tinggi dikarenakan tidak mampu untuk memperoleh perawatan kesehatan yang memadai, seperti tes pap smear secara rutin.

q. Paparan bahan kimia

Wanita-wanita yang bekerja di ladang atau pabrik tertentu bisa terpapar bahan kimia yang bisa meningkatkan risiko mereka terserang kanker serviks. Paparan bahan kimia juga terjadi langsung pada vagina wanita yang menggunakan pembalut dengan bahan kertas daur ulang yang menjalani proses pemutihan.

r. Siklus menstruasi,

s. Usia menstruasi pertama kali, dan

t. Riwayat keguguran.

2. Gejala Kanker Serviks

HPV merupakan mikroorganisme kecil yang memiliki 100 tipe yang dapat menginfeksi kulit sehingga menimbulkan kutil. Virus yang berkembangbiak dan bertahan menyerang sistem kekebalan tubuh sehingga memicu kanker serviks.

Pada stadium awal penderita kanker serviks sulit ditemukan gejalanya. Penderita kanker serviks pada awal terinfeksi virus layaknya perempuan normal. Adapun pemeriksaan secara medis dengan bantuan tes pap smear dapat mendeteksi secara dini adanya gejala kanker serviks.

12

m. Mempunyai Banyak Anak

Makin banyak anak yang dilahirkan seorang wanita, maka risiko makin tinggi. Wanita yang punya tiga anak, tiga kali lebih beresiko terkena kanker serviks daripada wanita yang tidak punya anak sama sekali. Diperkirakan bahwa perubahan hormon saat sedang hamil membuat leher rahim lebih rentan terserang HPV ([www.parkwaycancercenter.com](#)).

n. Infeksi Klamidida

Ini adalah bakteri yang umum menyerang organ wanita, tersebar melalui hubungan seksual. Seorang wanita mungkin tidak tahu bahwa ia terinfeksi kecuali dilakukan tes untuk klamidia selama pemeriksaan panggul. Beberapa riset menemukan bahwa wanita yang memiliki sejarah atau infeksi saat ini berada dalam resiko kanker serviks lebih tinggi. Infeksi dalam jangka panjang juga dapat menyebabkan masalah serius lainnya.

o. Hamil pertama di usia muda

Wanita yang hamil pertama pada usia dibawah 17 tahun hampir selalu dua kali lebih mungkin terkena kanker serviks di usia tuanya, daripada wanita yang menunda kehamilan hingga usia 25 tahun atau lebih.

12

Menurut Tim Kanker Serviks dan www.parkwaycancercenter.com gejala-gejala awal kanker ini adalah:

- Ada bercak atau pendarahan setelah hubungan seksual,
- Ada bercak atau pendarahan di luar masa haid,
- Ada bercak atau pendarahan pada masa menopause,
- Mengalami masa haid yang lebih berat dan lebih panjang dari biasanya,
- Keluarnya bau menyengat yang tidak bisa dihilangkan walaupun sudah diobati,
- Sakit punggung,
- Sakit saat buang air kecil dan air seni keruh,
- Konstipasi kronis dan perasaan kembung walaupun perut dalam keadaan kosong, atau
- Salah satu kaki membengkak.

3. Deteksi Dini

a. Test Pap Smear

Pap smear merupakan salah satu cara deteksi dini kanker serviks. Test ini mendeteksi adanya perubahan-perubahan sel serviks yang abnormal, yaitu pemeriksaan dengan mengambil cairan pada leher rahim dengan spatula kemudian dilakukan pemeriksaan dengan mikroskop ([www.parkwaycancercenter.com](#)).

12

langsung (dengan mata telanjang) leher rahim setelah memulas leher rahim dengan menggunakan larutan asam asetat 3-5%. Pemeriksaan IVA merupakan pemeriksaan skrining alternatif dari pap smear karena biasanya murah, praktis, sangat mudah untuk dilaksanakan dan peralatan sederhana serta dapat dilakukan oleh tenaga kesehatan selain dokter ginekologi.

Setelah serviks dilus dengan asam asetat, akan terjadi perubahan warna pada serviks yang dapat diamati secara langsung dan dapat dibaca sebagai normal atau abnormal (<http://www.rumahsakitmitrakemayoran.com/>).

c. Test LBC dan HPV DNA Genotyping

Pada metode pap smear, sampel cairan leher rahim disapkan secara langsung ke kaca obyek untuk diamati di bawah mikroskop. Kemungkinan sel yang terbuang sangat besar karena sebagian sel dapat tertinggal pada spatula yang digunakan pada pengambilan sampel. Karena alasan itulah dibuat metode baru yaitu test LBC.

LBC atau *Liquid Based Cytologi* merupakan pemeriksaan yang hampir sama seperti pap smear namun sampel cairan leher rahim akan dikumpulkan dalam botol yang berisi cairan khusus sehingga

sel abnormal ditemukan pada saat melakukan biopsi, langkah berikutnya adalah dengan melakukan biopsi kerucut. Ini biasanya dilakukan di bawah anestesi umum dan melibatkan pengambilan jaringan berbentuk kerucut dari jaringan leher rahim. Ini dapat dilakukan baik menghilangkan sel-sel abnormal dari leher rahim sepenuhnya, atau untuk mengetahui apakah kanker invasif dan telah menyebar lebih dalam ke leher rahim (<http://www.rumahsakitmitrakemayoran.com/>).

4. Stadium Kanker Serviks

Menurut Tim Kanker Serviks, Stadium pada kanker serviks dibedakan menjadi 5 (Tim Kanker Serviks, 2010: 17-21), yaitu:

a. Stadium 0

Stadium ini disebut juga “Carsinoma-in-situ” yang berarti “kanker yang berada di tempatnya,” belum menyerang bagian lain. Pada stadium ini, perubahan sel yang tidak wajar hanya ditemukan pada permukaan serviks dan kondisi pra-kanker yang bisa diobati dengan tingkat kesembuhan mendekati 100%.

b. Stadium 1



Gambar 2. 1 Foto Kolposkopi Kanker Serviks Stadium 1

tidak ada sel-sel yang terbuang. Setelah itu baru dilakukan pemeriksaan di bawah mikroskop oleh ahli patologi anatomi.

Pada waktu yang bersamaan dengan test LBC dapat dilakukan pengujian *HPV DNA Genotyping* untuk mendeteksi adanya infeksi HPV beserta tipenya. Ada beberapa tipe HPV misalnya saja tipe 16, 18, 31, dan 45 memiliki risiko tinggi untuk menjadi kanker serviks. Pemeriksaan HPV ini diperlukan terutama jika dari hasil pemeriksaan sitologi ditemui adanya kelainan yang tidak dapat disimpulkan apakah kelainan tersebut pra-kanker atau bukan. Pemeriksaan HPV-DNA dapat memprediksi apakah kelainan yang ditemukan akan berkembang menjadi kanker atau tidak sehingga dapat dilakukan penanganan yang tepat.

d. Kolposkopi

Kolposkopi adalah pemeriksaan untuk melihat permukaan serviks dengan memasukkan “teropong” bernama kolposkop ke dalam liang vagina. Alat ini menggunakan mikroskop berkekuatan rendah yang memperbesar permukaan serviks sampai 10-40 kali dari ukuran normal. Pembesaran ini membantu mengidentifikasi daerah permukaan serviks yang menunjukkan abnormalitas (<http://www.rumahsakitmitrakemayoran.com/>)

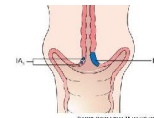
e. Biopsi

Biopsi adalah satu-satunya cara untuk tahu dengan pasti apakah sel-sel abnormal tersebut merupakan pra-kanker atau kanker. Jika sel-

Stadium 1 berarti kanker baru berada di leher rahim. Stadium ini dibagi menjadi:

1) Stadium 1A

Pada Stadium 1A pertumbuhannya begitu kecil sehingga kanker hanya bisa dilihat menggunakan mikroskop atau kolposkop. Stadium 1A dibedakan lagi menjadi 2 bagian. Pada Stadium 1A1 kanker telah tumbuh kurang dari 3 mm ke dalam jaringan serviks dan lebarnya kurang dari 7 mm. Pada Stadium 1A2 kanker telah tumbuh antara 3 sampai 5 mm ke dalam jaringan serviks tetapi lebarnya masih kurang dari 7 mm.



Gambar 2. 2 Stadium 1A1 dan 1A2

2) Stadium 1B

Pada Stadium 1B area kanker lebih luas, tetapi kanker masih berada dalam jaringan serviks dan biasanya masih belum menyebar. Kanker ini biasanya bisa dilihat tanpa menggunakan mikroskop. Stadium 1B dibedakan lagi menjadi 2 bagian. Pada Stadium 1B1 kanker tidak lebih besar dari 4 cm. Pada Stadium 1B2 kanker lebih besar dari 4 cm.

Gambar 2. 3 Stadium 1B1 dan 1B2

c. Stadium 2



Gambar 2. 4 Foto Kolposkopi Kanker Serviks Stadium 2

Pada Stadium 2 kanker mulai menyebar keluar dari leher rahim menuju jaringan-jaringan di sekitarnya. Tapi kanker masih belum tumbuh ke dalam otot-otot atau ligamen dinding panggul. Stadium 2 dibagi menjadi:

1) Stadium 2A

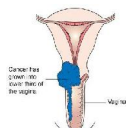
Pada Stadium 2A kanker telah menyebar ke vagina bagian atas. Stadium 2A dibagi lagi menjadi 2 bagian. Pada stadium 2A1 kanker berukuran 4 cm atau kurang. Pada stadium 2A2 kanker berukuran lebih dari 4 cm. Kanker serviks Stadium 2A dapat dilakukan dengan pembedahan atau radioterapi atau kombinasi dari keduanya.

1B

mungkin telah tumbuh ke dalam vagina bagian bawah dan otot-otot serta ligamen yang melapisi dinding panggul. Stadium ini biasanya diobati dengan radioterapi dan kemoterapi. Stadium 3 dibagi menjadi:

1) Stadium 3A

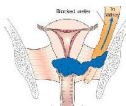
Pada Stadium 3A kanker telah menyebar ke sepertiga bagian bawah dari vagina tetapi masih belum ke dinding panggul.



Gambar 2. 8 Stadium 3A

2) Stadium 3B

Pada Stadium 3B kanker telah tumbuh menuju dinding panggul atau memblokir satu atau dua saluran pembuangan ginjal.



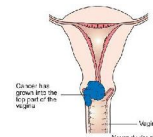
Gambar 2. 9 Stadium 3B

e. Stadium 4



Gambar 2. 10 Foto Kolposkopi Kanker Serviks Stadium 4

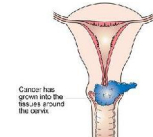
21



Gambar 2. 5 Stadium 2A

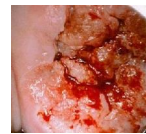
2) Stadium 2B

Pada Stadium 2B terdapat penyebaran ke dalam jaringan di sekitar serviks. Stadium 2B dibagi lagi menjadi 2 bagian. Kanker serviks Stadium 2B biasanya diobati dengan gabungan radioterapi dan kemoterapi.



Gambar 2. 6 Stadium 2B

d. Stadium 3



Gambar 2. 7 Foto Kolposkopi Kanker Serviks Stadium 3

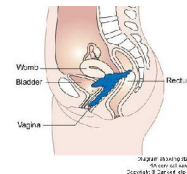
Pada Stadium 3 kanker serviks telah menyebar jauh dari serviks menuju ke dalam struktur di sekitar daerah panggul. Kanker ini

2B

Kanker serviks Stadium 4 adalah kanker yang paling parah. Kanker telah menyebar ke organ-organ tubuh di luar serviks dan rahim. Pada stadium ini, kanker diobati dengan pembedahan, radioterapi dan kemoterapi, atau kombinasi dari ketiganya. Stadium ini dibagi menjadi:

1) Stadium 4A

Pada Stadium 4A kanker telah menyebar ke organ-organ seperti kandung kemih dan dubur.



Gambar 2. 11 Stadium 4A

2) Stadium 4B

Pada Stadium 4B kanker telah menyebar ke organ-organ yang sangat jauh, misalnya organ hati.

B. Penelitian Terdahulu

Para peneliti telah mencoba mencari cara untuk mendiagnosis penyakit kanker serviks ini. Berikut merupakan daftar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

22

serviks dalam sel normal atau sel abnormal kemudian jika sel serviks tergolong dalam sel abnormal diklasifikasikan lagi menjadi tiga yaitu *low grade squamous*, normal dan *high grade squamous*.

2. Pada tahun 2008 Talukar & Nath mendiagnosis kanker serviks menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* terhadap gambar hasil pap smear. Perhitungan dilakukan berdasarkan *partition coefficient (PC)*, *partition entropy (PE)*, dan *compactness and separation function (SC)*.
3. Pada tahun 2010 Kuzhali, dkk memprediksi resiko kanker serviks menggunakan *Fuzzy Rough Set*. Metode ini digunakan untuk menganalisis data set demografi dan mengidentifikasi resiko kanker serviks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor HPV, lebih dari satu pasangan dan rendahnya status sosial ekonomi adalah faktor utama adanya kanker serviks.
4. Pada tahun 2011 Mahanta dkk mengklasifikasi kanker serviks menggunakan gambar hasil pap smear yang diubah menjadi tipe *red green blue (RGB)*. Hasil pengklusteran pada penelitian ini adalah *cytoplasm*, *nucleus*, dan *background*. Sel pada gambar tersebut kemudian dianalisis menggunakan *shape theory*, *shape matrix* dan *shape distance*.

28

masing sebanyak 53, 1, 7 dan 19 data. Data latih menghasilkan tingkat sensitifitas sebesar 98.15%, spesifitas sebesar 73.08% dan akurasi sebesar 90%. Setelah model diujikan ke 10 data uji, dihasilkan tingkat sensitifitas sebesar 100%, spesifitas sebesar 50% dan akurasi sebesar 90%.

8. Pada tahun 2013 Rose & Allwin mengidentifikasi serviks yang tidak normal dan mengarah ke kanker menggunakan algoritma *Fuzzy C-Mean* pada gambar ultrasound serviks.
9. Pada tahun 2013 Quteishat, dkk menggunakan hasil diagnosis pap smear yang diekstraksi menggunakan metode ekstraksi *Adaptive Fuzzy Moving K-means (AFMKM)* dan *Fuzzy Min-Max Neural Network (FMM NN)* untuk mengidentifikasi hasil diagnosis. Data yang digunakan sebanyak 500 data dengan pembagian 376 data normal, 79 data LSIL (*low-grade squamous intraepithelial lesion*) dan 45 HSIL (*high-grade squamous intraepithelial lesion*). Dari semua data tersebut, 60% data sampel digunakan sebagai data latih, 20% sampel digunakan sebagai prediksi dan 20% sampel digunakan sebagai data uji.

Sistem klasifikasi ini menggunakan 3 langkah. Langkah pertama adalah segmentasi gambar menggunakan AFMKM. Langkah kedua adalah fase ekstraksi dimana fitur ekstraksi digunakan untuk mengekstraksi fitur penting dari data gambar. Hasil ekstraksi yang digunakan adalah *intensity 1*, *intensity 2*, dan *saturation*. Hasil ekstraksi kemudian diproses menggunakan FMM NN. Keakuratan hasil klasifikasi adalah 75%

28

5. Pada tahun 2011 Rosidi dkk menggunakan metode pelabelan distribusi intensitas warna untuk pengklasifikasian kanker serviks. Gambar yang digunakan merupakan hasil pap smear dan diolah menggunakan *toolbox* MATLAB sehingga diperoleh intensitas warnanya. Data latih yang digunakan sebanyak 100 gambar yang dibedakan menjadi dua status yaitu kanker dan bukan kanker dan menghasilkan *true positive (TP)*, *false negative (FN)*, *false positive (FP)*, *true negative (TN)* masing-masing sebanyak 33, 9, 14, 44 data. Setelah model diujikan kepada 746 data pasien yang telah terdiagnosis secara manual didapatkan hasil tingkat keakuratan sebesar 77%.
6. Pada tahun 2012 Agustin Triwahyuni mendiagnosa penyakit kanker serviks menggunakan algoritma *backpropagation* untuk tugas akhir skripsinya. Faktor-faktor yang digunakan merupakan gejala-gejala yang khas dari kanker serviks.
7. Pada tahun 2013 Yushaila mengklasifikasikan stadium kanker serviks menggunakan model *fuzzy*. Gambar yang digunakan merupakan gambar hasil kolposkopi yang diubah tipe datanya menjadi *grayscale* kemudian dicari sifat gambar menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)*. *Input* yang digunakan pada penelitian ini yaitu entropi, kontras, korelasi, energi, homogen, IDM, sum varian, max probabilitas, dan dissimilar. Sedangkan *output* dibedakan menjadi normal, stadium 1, stadium 2, stadium 3, dan stadium 4. Hasil penelitian ini adalah *positive (TP)*, *false negative (FN)*, *false positive (FP)*, *true negative (TN)* masing-

28

menggunakan 57 *hyperbox*. Untuk jaringan yang kerumitannya lebih sedikit, 3 *hyperbox* menghasilkan keakuratan 74%.

10. Pada tahun 2013 Hernandez, dkk membangun suatu sistem pakar untuk membantu diagnosis kanker serviks pada *atypical glandular cells* menggunakan logika *fuzzy* dan interpretasi gambar. Penelitian ini menggunakan gambar hasil sitologi. Langkah-langkah yang dilakukan ada tiga. Yang pertama diagnosa resiko, yang termasuk interpretasi latar belakang klinis pasien dan resiko dari kontraksi *cervical neoplasia (CN)* berdasarkan seorang ahli. Langkah kedua yaitu deteksi gambar hasil sitologi termasuk *image interpretation (IM)* dan sistem Bethesda untuk interpretasi sitologi. Langkah terakhir yaitu determinasi luka prekursor kanker termasuk mengambil informasi dari fase sebelumnya dan mengintegrasikan sistem pakar dengan model logika *fuzzy*. *Input* yang digunakan adalah umur, onset aktifitas seksual (IVSA), banyaknya pasangan seksual, angka kehamilan, umur pada saat hamil pertama, penyakit kelamin, garis tepi luka (*lesioon*) serviks, dan resiko. *Output* dari sistem pakar ini yaitu normal, *atypical glandular cells (AGC)* dan kanker. Selama validasi sistem, 21 data yang telah didiagnosa diuji dengan korelasi positif dan tingkat keakuratan mencapai 100%.
11. Pada tahun 2014 Al-Batah, dkk mengidentifikasi kanker serviks menggunakan *Multiple Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dengan *Automatic Features Extraction Algorithm*. Sistem ini mengkategorikan sel serviks menjadi 3 grup yaitu normal, LSIL, dan HSIL. Algoritma

28

lain untuk dikasi. Hasil ekstraksi digunakan sebagai input statistik untuk klasifikasi tipe sel serviks. Keakuratan data latih dengan MANFIS adalah 96.3% dan keakuratan data latih adalah 94.2%.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti mencoba melakukan kajian diagnosis kanker serviks dengan kombinasi penerapan model fuzzy dan regresi stepwise. Diagnosis kanker serviks ini menggunakan data hasil kolposkopi dan menghasilkan diagnosis normal, stadium 1, stadium 2, stadium 3, dan stadium 4.

C. Ekstraksi Gambar

Berdasarkan thesis yang disusun oleh Ngian (2011: 23), ekstraksi gambar adalah teknik pengambilan sifat-sifat khusus dari sebuah gambar. Salah satu teknik mengekstrak gambar adalah dengan menggunakan metode *Gray level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Proses GLCM ini dapat menghasilkan 22 sifat yang dihitung dari matriks gambar menggunakan GLCM *Feature of Texture*. *Grey-Level Co-occurrence Matrix* telah digunakan untuk perhitungan tekstur gambar sejak ditemukan oleh Haralick pada tahun 1970an.

28

$$\text{Sum Average} = -\sum_{i=2}^{2L_g} i g_{x+y}(i)$$

$$\text{Sum Entropy} = -\sum_{i=0}^{2L-2} P_{x+y}(i) \log(P_{x+y}(i))$$

$$\text{Difference Variance} = \text{variansi dari } g_{x-y}$$

$$\text{Difference Entropy} = -\sum_{i=0}^{L_g-1} g_{x-y}(i) \log(g_{x-y}(i))$$

$$\text{IDN} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \frac{1}{1+(i-j)^2} P(i,j)$$

$$\text{Cluster Prominence} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \{i + j - \mu_x - \mu_y\}^4 \times P(i,j)$$

$$\text{Cluster Shade} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \{i + j - \mu_x - \mu_y\}^3 \times P(i,j)$$

$$\text{Inverse Measure of Correlation 1} = \frac{HXY - HXY1}{\max\{HX, HY\}}$$

$$\text{Inverse Measure of Correlation 2} = \sqrt{(1 - \exp[-2.0(HXY2 - HXY)])}$$

Dimana

$$HXY = -\sum_i \sum_j g_{ij} \log_2 g_{ij}$$

$$HXY1 = -\sum_i \sum_j g_{ij} \log_2 \{g_x(i) g_y(i)\}$$

$$HXY2 = -\sum_i \sum_j g_x(i) g_y(i) \log_2 \{g_x(i) g_y(i)\}$$

D. Regresi Stepwise

Prosedur regresi bertahap atau regresi stepwise merupakan salah satu prosedur pemilihan himpunan variabel prediktor terbaik. Persamaan umum dari regresi stepwise adalah

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

dengan,

Y = variabel dependen.

29

Hasil GLCM diantaranya adalah diferensial entropi, autokorelasi, kontras, korelasi, *sum average*, *cluster prominence*, *cluster shade*, *dissimilarity*, energi, entropi, homogenitas, maksimum probabilitas, variansi, jumlah rata-rata, dan jumlah varian.

Notasi yang digunakan untuk menjelaskan berbagai hasil dari GLCM (Ngian, 2011: 23-25):

$g_{i,j}$ = input ke (i, j) pada GLCM

Ng = jumlah tingkat abu-abu yang berbeda pada gambar.

$$\sum_i = \sum_{i=1}^{Ng}$$

$$\sum_j = \sum_{j=1}^{Ng}$$

Rumus-rumus yang digunakan pada GLCM diantaranya:

$$\text{Entropy} = -\sum_i \sum_j g_{ij} \log_2(g_{ij})$$

$$\text{Energy} = \sum_i \sum_j g_{ij}^2$$

$$\text{Contrast} = \sum_{i=1}^{L-1} g_{i,i}(i-j)^2$$

$$\text{Correlation} = \frac{\sum_i \sum_j (i-j) g_{ij} - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$\text{Autocorrelation} = \frac{\sum_i \sum_j [(g_x - \mu_x)(g_y - \mu_y)]}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i=1}^{L-1} \frac{g_{ij}}{1+(i-j)^2}$$

$$\text{Sum Variance} = \sum_{i=2}^{2L_g} (i - sa)^2 g_{x+y}(i)$$

$$\text{Variance} = \sum_i \sum_j (i - \mu)^2 g_{ij}$$

$$\text{Dissimilarity} = \sum_{i=1}^{N-1} g_{i,j} |i - j|$$

$$\text{Mean} = \frac{1}{XY} \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y P(i,j)$$

29

β_0 = konstanta regresi.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = koefisien regresi.

X_1, X_2, \dots, X_k = variabel bebas.

ε = galat taksiran (sisa residu).

Regresi stepwise dapat dijabarkan dengan langkah-langkah dasar (algoritma) sebagai berikut (Hanke & Wichern, 2005:292):

1. Menentukan matriks korelasi antara variabel dependen (Y) terhadap variabel bebas (X).
2. Variabel bebas yang mempunyai koefisien korelasi dengan variabel dependen pa) adalah variabel pertama yang masuk ke persamaan regresi.
3. Variabel selanjutnya yang masuk ke persamaan adalah salah satu variabel (selain yang sudah masuk sebelumnya) yang mempunyai kontribusi signifikan terbesar pada jumlah kuadrat regresi. Signifikansi dari variabel yang masuk pada persamaan regresi ditentukan oleh *F test*. Nilai dari statistik *F* yang harus dilampaui oleh variabel bebas disebut sebagai *F to enter*.
4. Saat variabel tambahan masuk dalam persamaan, kontribusi individu untuk jumlah kuadrat regresi dari variabel lainnya yang sudah masuk dalam persamaan dihitung signifikansinya menggunakan *F test*. Jika statistik *F* kurang dari nilai yang disebut *F to remove*, maka variabel tersebut dihilangkan dari persamaan regresi.

30

karena selain dicoba dengan metode regresi linier yang lain, output model fuzzy dengan input hasil regresi stepwise lebih baik dibandingkan dengan regresi yang lainnya.

E. Logika Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang Profesor di bidang ilmu komputer pada tahun 1965. Profesor Zadeh menganggap logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, maka dikembangkanlah menjadi logika fuzzy yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Pada logika benar salah, keanggotaan elemen pada himpunannya hanya memiliki 2 pilihan yaitu bernilai 0 apabila elemen tidak terdapat pada himpunan serta bernilai 1 apabila elemen berada pada himpunan. Sedangkan pada logika fuzzy, keanggotaan elemen suatu himpunan berada pada interval [0,1].

Logika fuzzy menjadi alternatif dari berbagai sistem yang ada dalam pengambilan keputusan karena logika fuzzy memiliki kelebihan sebagai berikut (Sri Kusumadewi & Sri Hartati, 2010):

1. Logika fuzzy memiliki konsep yang sangat sederhana sehingga mudah untuk dimengerti.

□1

Definisi 2.1 (Wang, 1997:21)

Suatu himpunan fuzzy pada himpunan semesta U dapat dinyatakan dengan nilai fungsi keanggotaan pada interval [0,1]. Suatu himpunan fuzzy A pada himpunan semesta U dapat dinyatakan dengan himpunan pasangan terurut elemen x dan nilai keanggotaannya (Wang, 1997: 22). Secara matematis pernyataan tersebut dapat ditulis dengan:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}$$

Definisi 2.2 (Klir, Clair & Yuan, 1997: 75)

Misalkan U adalah himpunan tak kosong. Himpunan fuzzy A di himpunan universal U didefinisikan dengan fungsi keanggotaan

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1]$$

dan $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan dari elemen x pada himpunan fuzzy A untuk setiap $x \in U$.

Apabila suatu elemen x dalam suatu himpunan A memiliki derajat keanggotaan fuzzy 0 atau dapat ditulis $\mu_A(x) = 0$ artinya x bukan anggota himpunan A , dan jika memiliki derajat keanggotaan fuzzy 1 atau $\mu_A(x) = 1$ artinya x merupakan anggota penuh dari himpunan A .

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

a. Linguistik

Atribut linguistik yaitu suatu himpunan yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan bahasa alami. Contohnya pada pembagian tinggi badan dibagi menjadi rendah, sedang dan tinggi.

Bisa juga menggunakan alfabet seperti pada variabel *correlation*,

□2

2. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
4. Logika fuzzy mampu mensistemkan fungsi-fungsi non-linier yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengalaman atau pengetahuan dari para pakar.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Logika fuzzy memiliki beberapa komponen yang harus dipahami seperti himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan, serta operator pada himpunan fuzzy.

F. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan perkembangan dari himpunan tegas. Himpunan tegas mendefinisikan secara tegas untuk setiap elemen anggotanya hanya mempunyai dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1; & \text{jika } x \in A \\ 0; & \text{jika } x \notin A \end{cases}$$

dengan μ_A adalah fungsi karakteristik dari himpunan A . Sedangkan pada himpunan fuzzy derajat keanggotaan untuk setiap elemennya terletak pada rentang [0,1].

□2

penamaan setiap himpunan fuzzy menggunakan penamaan C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9.

b. Numerik

Atribut numerik adalah nilai angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel. Contohnya pada variabel *correlation* memiliki nilai 0,94068 dan 0,92385.

G. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan fungsi yang memetakan elemen suatu himpunan ke nilai keanggotaan dengan interval [0,1]. Fungsi keanggotaan yang membedakan himpunan fuzzy dengan himpunan tegas. Fungsi keanggotaan dapat direpresentasikan dengan berbagai cara, namun yang paling umum dan banyak dipakai dalam sistem yang dibuat berdasarkan logika fuzzy adalah representasi secara analitik. Representasi fungsi keanggotaan yang dapat digunakan pada himpunan fuzzy adalah (Klir, Clair & Yuan, 1997: 83-86):

- a. Representasi linier (linier naik dan linier turun),
- b. Representasi kurva segitiga,

Representasi kurva segitiga merupakan gabungan dari representasi linier. Representasi kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.12.

□2

Gambar 2. 12 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} b \left(1 - \frac{|x-a|}{s} \right) & , a-s \leq x \leq a+s \\ 0 & \text{di luar domain} \end{cases}$$

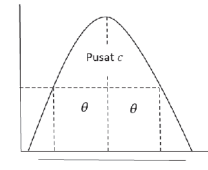
- c. Representasi kurva trapesium,
- d. Representasi kurva bentuk bahu,
- e. Representasi kurva-S,
- f. Representasi kurva bentuk lonceng (*bell curve*),

Representasi kurva bentuk lonceng dibagi menjadi 3, yaitu:

- 1) Kurva Pi,
- 2) Kurva Beta, dan
- 3) Kurva Gauss.

Representasi kurva Gauss merupakan salah satu representasi kurva lonceng yang memiliki beberapa parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (c) dan setengah lebar kurva (θ). Representasi kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.13.

□□



Gambar 2. 13 Representasi Kurva Gauss

Fungsi keanggotaan kurva Gauss:

$$f(x, \theta, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\theta^2}}$$

Representasi kurva yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kurva Gauss karena setelah melakukan percobaan dengan representasi kurva yang lain, representasi kurva Gauss memberikan hasil yang lebih baik dalam keakuratan model *fuzzy* untuk diagnosis kanker serviks.

H. Sistem Fuzzy

Sistem *fuzzy* merupakan sistem berdasarkan aturan maupun pengetahuan himpunan *fuzzy*. Sistem *fuzzy* memiliki beberapa keistimewaan (Wang, 1997:6), yaitu:

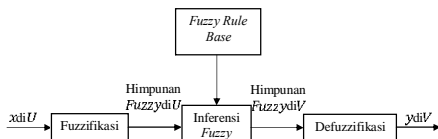
1. Sistem *fuzzy* cocok digunakan pada sistem pemodelan karena variabelnya bernilai real.
2. Sistem *fuzzy* menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy* Jika-Maka yang bersumber dari pengalaman manusia.

□□

3. Terdapat berbagai pilihan dalam menentukan fuzzifier dan defuzzifier sehingga dapat diperoleh sistem *fuzzy* yang paling sesuai dengan model.

Secara umum, dalam sistem *fuzzy* terdapat empat elemen dasar (Wang, 1997:89), yaitu:

1. Basis kaidah (*rule base*), berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar.
2. Mekanisme pengambil keputusan (*inference engine*), merupakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*).
3. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yaitu mengubah nilai dari himpunan tegas ke nilai *fuzzy*.
4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), yaitu mengubah nilai *fuzzy* hasil inferensi menjadi nilai tegas.



Gambar 2. 14 Susunan Sistem Fuzzy (Wang, 1997)

Sistem *fuzzy* terdiri dari fuzzifikasi, pembentukan aturan (*Fuzzy rule base*), inferensi *fuzzy*, dan defuzzifikasi. Empat tahapan sistem *fuzzy* dijelaskan sebagai berikut:

□□

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah pemetaan dari himpunan tegas ke himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaan (Wang, 1997: 105). Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai *input* tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang selanjutnya akan digunakan untuk proses pengolahan secara *fuzzy*. Ada banyak jenis fuzzifikasi yang bisa digunakan. misalkan akan dilakukan fuzzifikasi dari himpann tegas $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$ ke dalam himpunan *fuzzy* $A' \in U$. Terdapat tiga fuzzifikasi yang sering digunakan (Wang, 1997: 105-106), yaitu:

- a. Fuzzifikasi Singleton

Fuzzifikasi singleton memetakan himpunan tegas $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$ ke sebuah himpunan singleton *fuzzy* $A' \in U$ dengan derajat keanggotaan 1 saat x^* dan 0 untuk nilai yang lainnya, dapat ditulis pula

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & , x = x^* \\ 0 & , \text{lainnya} \end{cases}$$

Fuzzifikasi singleton menyederhanakan perhitungan dalam sistem inferensi *fuzzy* untuk semua jenis fungsi keanggotaan *fuzzy*.

- b. Fuzzifikasi Gussian

Fuzzifikasi gaussian memetakan himpunan tegas $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$ ke sebuah himpunan *fuzzy* $A' \in U$ dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_{A'}(x) = e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} * \dots * e^{-\frac{(x_n-a_n)^2}{2\sigma_n^2}}$$

dengan,

□□

merupakan fungsi gaussian.

c. Fungsi Triangular

Fuzzifikasi triangular memetakan himpunan tegas $x^* \in U \subset \mathbb{R}^n$ ke sebuah himpunan fuzzy $A' \in U$ dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{|x_i - x_i^*|}{b_i}\right) * \dots * \left(1 - \frac{|x_n - x_n^*|}{b_n}\right) & |x_i - x_i^*| \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

dengan,

b_i menyatakan parameter positif,

$*$ menyatakan perkalian *product* atau min.

Fuzzifikasi triangular menyederhanakan perhitungan dalam sistem inferensi fuzzy jika fungsi keanggotaan aturan fuzzy-nya juga merupakan fungsi triangular.

Fuzzifikasi gaussian dan triangular dapat menekan gangguan yang terjadi pada *input*, namun fuzzy singleton tidak dapat mengatasi gangguan pada *input*. *Output* dari fuzzifikasi adalah sebuah himpunan fuzzy.

2. Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy merupakan inti dari suatu sistem fuzzy. Aturan yang digunakan pada himpunan fuzzy adalah aturan *if-then* atau *Jika-Maka* [2].

Pernyataan yang mengikuti *Jika* disebut *anteseden*, sedangkan pernyataan yang mengikuti *Maka* disebut *konsekuen*. Untuk mendapatkan aturan *Jika-Maka* dapat dilakukan melalui beberapa cara, yaitu:

- a. Menanyakan kepada operator manusia (ahlinya) yang mengetahui hubungan keterkaitan dari variabel-variabel yang akan dihubungkan.
- b. Menggunakan algoritma pelatihan berdasarkan data-data masukan dan keluaran.

Aturan fuzzy terdiri dari himpunan aturan-aturan dan hubungan antar aturan dalam himpunan.

3. Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy meruakan tahap evaluasi pada aturan fuzzy. Inferensi fuzzy merupakan penalaran menggunakan *input fuzzy* dan aturan fuzzy untuk memperoleh *output fuzzy*. Sistem inferensi fuzzy memiliki beberapa metode, namun yang sering digunakan dalam berbagai penelitian adalah (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2013: 31-75):

a. Metode Mamdani

Metode mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini merupakan metode paling sederhana dan paling sering digunakan pada penelitian dibandingkan penelitian lainnya. Inferensi metode mamdani menggunakan fungsi implikasi min, sedangkan komposisi aturannya menggunakan max.

Maka. Aturan fuzzy *IF-THEN* merupakan pernyataan yang direpresentasikan dengan

$$IF < \text{proposisi fuzzy} > THEN < \text{proposisi fuzzy} >$$

Proposisi fuzzy dibedakan menjadi dua, proposisi fuzzy *atomic* dan proposisi fuzzy *compound*. Proposisi fuzzy *atomic* adalah pernyataan single dimana x sebagai variabel linguistik dan A adalah himpunan fuzzy dari x . Proposisi fuzzy *compound* adalah gabungan dari proposisi fuzzy *atomic* yang dihubungkan dengan operator "or", "and" dan "not". (Wang, 1997:62-63).

Dengan aturan fuzzy, pengetahuan dan pengalaman manusia dapat direpresentasikan menggunakan bahasa alami yang dikenal dengan aturan *Jika-Maka* (Wang, 1997:91). Aturan *Jika-Maka* dapat ditulis sebagai berikut:

$$Ru^i: \text{Jika } x_1 \text{ adalah } A_1^i * \dots * x_n \text{ adalah } A_n^i, \text{ maka } y \text{ adalah } B^i$$

Dimana A_1^i dan B^i adalah himpunan $U_i \subset R$ dan $V \subset R$ sedangkan $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in U$ dan $y \in V$.

dengan,

- Ru^i menyatakan aturan ke- i
- x_n adalah input ke- n pada himpunan U
- A_n^i adalah himpunan fuzzy untuk input ke- n di U_i
- y adalah output pada himpunan V
- B^i adalah himpunan fuzzy untuk output di V
- $*$ menyatakan operasi komposisi fuzzy, misal AND atau OR [2].

Metode mamdani sering disebut dengan metode MIN-MAX.

Keluaran untuk n aturan metode mamdani didefinisikan sebagai

$$\mu_{B^k}(y) = \max_k \left[\min \left[\mu_{A_1^k}(x_1), \mu_{A_2^k}(x_2) \right] \right]$$

dengan,

- $k = 1, 2, \dots, n$,
- $\mu_{A_1^k}, \mu_{A_2^k}$ menyatakan himpunan fuzzy pasangan anteseden ke- k ,
- B^k merupakan himpunan fuzzy konsekuen ke- k .

b. Metode Tsukamoto

Pada metode tsukamoto, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi "Sebab-Akibat"/implikasi "Input-Output" dimana antara anteseden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas digunakan rumus penegasan (defuzzifikasi) yang disebut "Metode rata-rata terpusat" atau "Metode defuzzifikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzifier*)" (Ginanjar Abdurrahman, 2011: 18).

c. Metode Sugeno

Metode sugeno mirip dengan metode mamdani. Perbedaan kedua metode itu terletak pada fungsi keanggotaan *output*. Jika *output* dari metode mamdani masih berupa himpunan fuzzy, maka *output* dari metode sugeno berupa konstanta atau persamaan linier.

min. Defuzzifikasi metode sugeno adalah dengan cara mencari nilai rata-ratanya. Jika pada metode mamdani proses defuzzifikasi menggunakan agregasi daerah di bawah kuva, maka pada metode Sugeno agregasi berupa singleton-singleton.

Output dari sistem inferensi masih berupa himpunan fuzzy, oleh karena itu harus diubah ke himpunan tegas dengan proses defuzzifikasi.

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi atau penegasan adalah fungsi yang mengubah himpunan fuzzy hasil dari proses inferensi fuzzy menjadi himpunan tegas. Nilai dari hasil defuzzifikasi adalah output dari model fuzzy. Terdapat tiga jenis defuzzifikasi (Wang, 1997:109-112), yaitu:

a. Center of Gravity (COG)/ Centroid

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) dari daerah fuzzy. Secara umum rumus yang digunakan dibedakan domainnya.

Untuk domain kontinu, rumus defuzzifikasi centroid yang digunakan adalah:

$$z^* = \frac{\int_a^b z \mu_z(z) dz}{\int_a^b \mu_z(z) dz}$$

dengan,

□□

c. Maximum Defuzzifier

Secara konsep, defuzzifikasi maksimum memilih z^* sebagai titik di V sehingga $\mu_z(z)$ bernilai maksimum. Didefinisikan sebagai himpunan

$$hgt(z) = \{z \in V | \mu_z(z) = \sup_{z \in V} \mu_z(z)\}$$

dimana $hgt(z)$ merupakan himpunan semua titik di V sehingga $\mu_z(z)$ mencapai nilai maksimum. Defuzzifikasi maksimum mendefinisikan z^* sebagai

$$z^* = \text{titik} - \text{titik pada } hgt(z).$$

Bila $hgt(z)$ hanya memuat satu titik, maka z^* dapat langsung ditentukan. Namun bila $hgt(z)$ memuat lebih dari satu titik, maka kita dapat memilih salah satu dari tiga jenis defuzzifikasi maksimum, yaitu (Wang, 1997: 112):

1) Smallest of Maxima

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki derajat keanggotaan maksimal. Dapat ditulis sebagai berikut

$$z^* = \inf\{z \in hgt(z)\}$$

2) Largest of Maxima

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki derajat keanggotaan maksimal. Dapat ditulis sebagai berikut

$$z^* = \sup\{z \in hgt(z)\}$$

□□

- \int_z merupakan integral biasa,
- z merupakan nilai tegas,
- $\mu_z(z)$ merupakan derajat keanggotaan dari nilai tegas z .

Untuk domain diskrit dimana $\mu(z)$ didefinisikan dalam himpunan universal $\{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$, rumus defuzzifikasi centroid yang digunakan adalah:

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

dengan,

- z_j merupakan nilai tegas ke- j ,
- $\mu_z(z_j)$ merupakan derajat keanggotaan dari nilai tegas ke- j .

b. Center Average Defuzzifier (CAD)

Defuzzifikasi ini dapat digunakan jika fungsi keanggotaan output dari beberapa proses fuzzy memiliki bentuk yang sama. Metode ini mengambil nilai rata-rata menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Rumus yang digunakan pada defuzzifikasi ini adalah:

$$z^* = \sum \frac{z \mu_z(z)}{\mu_z(z)}$$

dengan,

- z merupakan nilai tegas,
- $\mu_z(z)$ merupakan derajat keanggotaan dari nilai tegas z .

□□

3) Mean of Maxima

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki derajat keanggotaan maksimal. Dapat ditulis sebagai berikut

$$z^* = \frac{\int_{hgt(z)} z dz}{\int_{hgt(z)} dz}$$

dimana $\int_{hgt(z)}$ merupakan integral biasa untuk bagian kontinu dari $hgt(z)$ dan penyajian terakhir untuk bagian diskrit dari $hgt(z)$.

I. Model Fuzzy

Model fuzzy adalah sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori logika fuzzy dan memiliki beberapa proses seperti penentuan aturan fuzzy, inferensi, fuzzifikasi dan defuzzifikasi. Pada penelitian ini, model fuzzy yang digunakan adalah model fuzzy dengan inferensi min, fuzzifikasi singleton dan defuzzifikasi Maximum. Rumusnya adalah (Wang, 1997: 122-123):

$$z^* = y^{-i^*}$$

Dengan i^* ditentukan oleh,

$$\min_{i=1}^n [\mu_{A_i^*}(x_i)] \geq \min_{i=1}^n [\mu_{B_i^*}(x_i)]$$

Dimana

- $i = 1, 2, \dots, M$

□□

masing-masing *input*.

- A_i^* adalah himpunan *fuzzy* A *input* ke- i pada rule ke- l .
- $\mu_{A_i^*}$ adalah derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* A *input* ke- i pada rule ke- l .

J. Akurasi

Akurasi adalah ukuran ketepatan sistem dalam mengenali masukkan yang diberikan sehingga menghasilkan *output* yang benar. Akurasi 100% berarti nilai-nilai yang diukur persis sama dengan nilai yang diberikan. Parameter akurasi digunakan untuk menguji kelayakan model yang dibentuk. Secara umum akurasi dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{akurasi} = \frac{\text{jumlah data benar}}{\text{jumlah data keseluruhan}} \times 100\%$$

2. Mengekstrak gambar yang sudah bertipe *grayscale* sehingga didapat parameter yang akan digunakan berjumlah 21, yaitu *entropy*, *energy*, *contrast*, *correlation*, *autocorrelation*, *homogeneity*, *maximum probability*, *sum variance*, *variansi*, *dissimilarity*, *mean*, *sum average*, *sum entropi*, *difference variance*, *difference entropi*, *inverse difference normalized* (INN), *inverse difference moment normalized* (IDN), *cluster prominence*, *cluster shade*, *inverse measure of correlation 1*, dan *inverse measure of correlation 2*. Proses untuk mengekstrak gambar ini dilakukan menggunakan MATLAB dengan GLCM dan sistem *prototype* yang didesain menggunakan GUI (*Graphical User Interface*).
3. Dari 21 variabel yang telah didapatkan kemudian diseleksi menggunakan regresi *stepwise* yang prosesnya menggunakan SPSS. Hasil seleksi variabel ini yang akan digunakan untuk menjadi *input* pada model *fuzzy*.
4. Menentukan himpunan universal pada setiap *input*.
5. Menentukan himpunan universal untuk *output*, dalam kasus ini berupa stadium kanker serviks.
6. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada setiap *input* dan *output*.
7. Menentukan nilai keanggotaan setiap data latih.
8. Membentuk aturan *fuzzy* berdasarkan nilai keanggotaan data latih.
9. Defuzzifikasi, yang akan digunakan adalah defuzzifikasi *mean of maxima*.
10. Melakukan tes keakuratan untuk data latih.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder berupa foto kolposkopi serviks normal, stadium 1, stadium 2, stadium 3 serta stadium 4 yang didapat dari dokumentasi-dokumentasi kesehatan yang ada di:

1. press@iarc.fr.
2. cervixpictures.net.
3. Dr. Adrian Velazquez, www.displasia.com.
4. *Atlas of Visual Inspection of the Cervix with Acetic Acid* (VIA), oleh Blumenthal & Gracia. Johns Hopkins University.
5. *Visual Inspection of the Cervix* (Flash Card Set), karya Blumenthal Jhpiego.
6. *Colposcopy and Treatment of Cervical Intraepithelial Neoplasia*, karya Sankaranarayanan & Sellors (2003).
7. *A Practical Manual on Visual Screening for Cervical Neoplasia*. (Sankaranarayanan & Wesley, 2003) IARC.

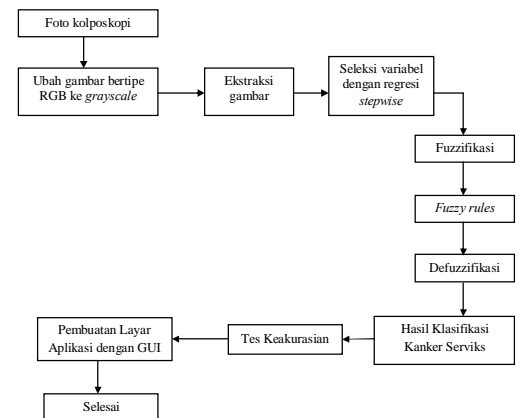
B. Teknik Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk mengklasifikasikan tingkat stadium kanker serviks dengan menggunakan kombinasi regresi *stepwise* dan model *fuzzy*. Tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Mengubah tipe gambar dari tipe RGB menjadi tipe *grayscale*.

11. Melakukan tes uji ke data uji dengan menggunakan model *fuzzy* yang telah dibentuk.
12. Melakukan tes keakuratan terhadap data uji.
13. Pengambilan kesimpulan.

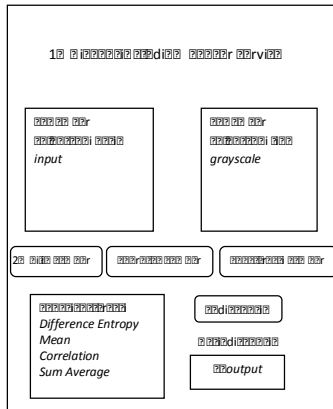
Secara singkat, diagnosis dengan menggunakan kombinasi regresi *stepwise* dan model *fuzzy* jika digambarkan dalam diagram adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Langkah-Langkah Penelitian

Rancangan awal GUI untuk diagnosis kanker serviks menggunakan Otsu

Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Rancangan Layar Aplikasi dengan GUI

Rancangan layar aplikasi sistem GUI ini tidak dapat digunakan secara langsung. Rancangan model fuzzy dengan GUI di atas dijelaskan sebagai berikut:

01

02

1. Bagian satu merupakan judul dari rancangan model fuzzy yang dibangun dengan GUI.
2. Tombol "Pilih Gambar" merupakan rancangan tombol untuk mengambil gambar kolposkopi.
3. Gambar kolposkopi yang telah diambil dengan menggunakan tombol "Pilih Gambar" akan ditampilkan pada layar 3, yaitu gambar kolposkopi hasil input.
4. Gambar kolposkopi yang telah ditampilkan pada layar 3 diubah tipe gambar menjadi grayscale dengan tombol "Proses Gambar."
5. Gambar yang telah bertipe grayscale ditampilkan pada layar 4.
6. Gambar tipe grayscale pada layar 4 kemudian diekstraksi dengan tombol "Ekstraksi Gambar."
7. Hasil ekstraksi gambar ditampilkan pada layar 7.
8. Hasil ekstraksi digunakan sebagai input dalam diagnosis stadium kanker serviks dengan menggunakan tombol "Diagnosis."
9. Hasil diagnosis ditampilkan pada layar 9.

DAFTAR PUSTAKA

Agus Naba. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

Agustin Triwahyuni Susanto. 2012. Aplikasi Diagnosa Kanker Serviks dengan Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Skripsi*. STIKOM UYELINDO Kupang.

Al-Batah, Mohammad Subhi, et al. 2014. Multiple Adaptive Nouro-Fuzzy Inference System with Automatic Features Extraction Algorithm for Cervical Cancer Recognition. *Hindawi Publishing Corporation*. Vol. 2014.

Blumenthal, P. 2003. *Visual Inspection of the Cervix* (Flash Card Set). Maryland: Jhpiego.

Blumenthal, P., Thomas W., & Garcia, F. *Atlas of Visual Inspection of the Cervix with Acetic Acid* (VIA). Maryland: Johns Hopkins University.

Ginanjar Abdurrahman. 2011. Penerapan Metode Tsukamoto (Logika Fuzzy) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan. *Skripsi*. UNY Yogyakarta.

Hanke, J.E. & Wichern, D.E. 2005. *Business Forecasting 8th Ed*. New Jersey: Pearson Education.

Hernández, K.R.D., et al. 2013. Development of an Expert System as a Diagnostic Support of Cervical Cancer in Atypical Glandular Cells. Based on Fuzzy Logics and Image Interpretation. *Hindawi Publishing Corporation*. Vol. 2013.

Ibrahim, A.M. 2004. *Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications*. Newnes, Elsevier.

Imam Rosidi. 2010. *100 Questions & Answers: Kanker pada Wanita*. Jakarta: Elex Media Komputindo.

Klir, G.J., Clair, U.S. & Yuan, B. 1997. *Fuzzy Set Theory, Foundation and applications*. New Jersey: Prentice Hall International.

Kuzhali, J.V., et al. 2010. Feature Selection Algorithm Using Fuzzy Rough Sets for Predicting Cervical Cancer Risks. *Modern Applied Science*. Vol. 4, No. 8.

03

04

Mahanta, L.B., et al. 2011. Fuzzy Mathematical and Shape Theoretic Approach to Cervical Cell Classification. *International Journal of Computer Applications*. Vol. 36, No. 6.

Mat-Isa, N.A., et al. 2005. Application of Artificial Neural Networks In The Classification of Cervical Cells Based on The Bethesda System. *Journal of ICT*. Vol. 4, Hal. 77-97.

Mishra, M.K., et al. 2013. A Fuzzy Based Model for Breast Cancer Diagnosis. *International Journal of Scientific and Research Publication*. Vol. 3, No. 3.

Ngian, P.H. 2011. Vegetable Recognition Based on Texture Features. *Thesis*. University Teknologi Malaysia.

Poppy Mirzani Arifin. 2014. *Metode Baru Deteksi Kanker Serviks*. <http://www.klikdokter.com/healthnewstocip/topik-utama/metode-baru-deteksi-kanker-serviks>.

Quteishat, A., et al. 2013. Cervical Cancer Diagnostic System Using Adaptive Fuzzy Moving K-Means Algorithm and Fuzzy Min-Max Neural Network. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. Vol. 57, No. 1.

Rose, R.J. & Allwin, S. 2013. Ultrasound Cervical Cancer Based Abnormality Segmentation Using Adaptive Fuzzy C-Mean Clustering. *Academic Journal of Cancer Research*. Vol. 6, No. 1.

Rosidi, B., et al. 2011. Classification of Cervical Cells Based on Labeled Colour Intensity Distribution. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*. Vol. 5, Hal. 230-238.

Sankaranarayanan, R. & Sellors, J.W. 2003. *Colposcopy and Treatment of Cervical Intraepithelial Neoplasia*. Lyon: IARC.

Sankaranarayanan, R. & Wesley, R.S. 2003. *A Practical Manual on Visual Screening for Cervical Neoplasia*. Lyon: IARC.

Sri Kusumadewi. (2002). *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sri Kusumadewi & Hari Purnomo. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Ed 2. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sri Kusumadewi & Sri Hartati. 2010. *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Hall International.

Yushaila N.S.W. 2013. Klasifikasi Stadium Kanker Serviks Menggunakan Model Fuzzy. *Skripsi*. UNY Yogyakarta.

<http://www.alodokter.com/kanker-serviks/penyebab/> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

<http://www.cancerresearchuk.org/cancer-info/cancerstats/types/cervix/riskfactors/cervical-cancer-risk-factors> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

<http://www.cancerscreening.nhs.uk/cervical/risk-factors/cervical-cancer.html> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

cervixpictures.net diakses pada tanggal 3 Februari 2015.

http://dinkes.jogjaprov.go.id/berita/detil_berita/705-pelatihan-iva-untuk-deteksi-dini-ca-serviks-secara-praktis diakses tanggal 5 Februari 2015.

www.displasia.com diakses pada tanggal 3 Februari 2015.

<http://faktakanker.com/kanker-serviks/8-langkah-mengetahui-faktor-resiko-kanker-serviks> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

<http://www.husada.co.id/index.php/promo-kegiatan/tips-kesehatan/53-cegah-dan-deteksi-dini-kanker-servik> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

<http://www.kankerservik.com/> diakses pada tanggal 10 Januari 2015.

<http://kankerserviks.or.id/category/gejala-dan-diagnosa-kanker-servik/> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

<http://klikdokter.com/healthnewsttopics/topik-utama/metode-baru-deteksi-kanker-serviks> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

<http://lifestyle.okezone.com/read/2014/01/25/482931704/cara-cara-deteksi-dini-kanker-serviks> diakses pada tanggal 10 Januari 2015.

<http://www.parkwaycancercentre.com/id/informasi-kanker/jenis-kanker/apa-itu-kanker-serviks/> diakses pada tanggal 5 Februari 2015.

press@iarc.fr diakses pada tanggal 3 Februari 2015.

<http://www.rumahsakiti.mitrakemayoran.com/kanker-mulut-rahim-%E2%80%93-kolposkopi-sebagai-deteksi-dini/> diakses pada 5 Februari 2015.