

**LAPORAN
PENELITIAN PEMULA
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2012**



**Penerapan Algoritma *Image Adjustment* Pada Metode WaFuMos Dalam Penentuan
Prosentase Positifitas Antigen Citra Imunohistokimia Pulasan Cokelat**

Oleh:

Manda Rohandi, S.Kom., M.Kom (Peneliti Utama)

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

OKTOBER 2012

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Usulan : Penerapan Algoritma *Image Adjustment* Pada Metode WaFuMos Dalam Penentuan Prosentase Positifitas Antigen Citra Imunohistokimia Pulasan Cokelat
2. Ketua Peneliti
 - a) Nama lengkap : Manda Rohandi, M.Kom
 - b) Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c) NIP : 19830514 200604 1004
 - d) Jabatan Struktural : Kaprodi D3 Manajemen Informatika
 - e) Jabatan Fungsional : Lektor
 - f) Fakultas / Jurusan : Teknik / Jurusan Teknik Informatika
 - g) Pusat Penelitian : Laboratorium Teknik Informatika FT UNG
 - h) Alamat : Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo.
 - i) Telpon/Faks : (0435) 821183
 - j) Alamat Rumah : Jl. Gunung Lompobatang, Kel. Biawu Kota Selatan, Kota Gorontalo
 - k) Telpon/Faks/E-mail : 081340453563/
3. Jangka Waktu Penelitian : 5 bulan
4. Pembiayaan
Jumlah biaya yang diajukan: Rp. **4.500.000,-**

Gorontalo, 15 Oktober 2012

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNG

Ketua Peneliti,

Ir. Rawiyah Husnan, MT
NIP. 19640427 1994032001

Manda Rohandi, S.Kom., M.Kom
NIP. 198305142006041004

Menyetujui,

Ketua Lembaga Penelitian UNG,

Dr. Fitryane Lihawa, M.Si
NIP. 196912091993032001

I. Identitas Penelitian

1. Judul Usulan : Penerapan Algoritma *Image Adjustment* Pada Metode Wafumos Dalam Penentuan Prosentase Positifitas Antigen Citra Imunohistokimia Pulasan Cokelat
2. Ketua Peneliti
 - a) Nama lengkap : Manda Rohandi, S.Kom., M.Kom
 - b) Bidang keahlian : Ilmu Komputer
 - c) Jabatan Struktural : Kaprodi D3 Manajemen Informatika
 - d) Jabatan Fungsional : Lektor
 - e) Unit Kerja : Jurusan Teknik Informatika
 - f) Alamat Surat : Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No, 6 Kota Gorontalo.
 - g) Telpon/Faks : (0435) 821183
 - h) E-mail : mandarohandi@gmail.com
3. Anggota Peneliti : Tidak ada
4. Objek Penelitian : Citra imunohistokimia pulasan cokelat.
5. Masa Pelaksanaan Penelitian
 - Mulai : April 2012
 - Berakhir : Agustus 2012
6. Anggaran yang diusulkan
 - Anggaran keseluruhan : Rp 4.500.000,-
7. Lokasi Penelitian :

Penelitian dilakukan di laboratorium komputer Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.
8. Hasil yang ditargetkan

Hasil dari penelitian adalah prototype perangkat lunak yang secara otomatis dapat menghitung prosentase positifitas antigen pada suatu paparan citra imunohistokimia sehingga dapat membantu patologist dalam menentukan terapi yang akan diberikan kepada pasien penderita kanker payudara.
9. Institusi lain yang terlibat : -
10. Keterangan lain yang dianggap perlu : -

II. Substansi Penelitian

ABSTRAK

Citra imunohistokimia merupakan salah satu citra medis digital dalam bidang patologi yang digunakan oleh patolog untuk mendeteksi antigen di dalam sel. Perhitungan antigen pada citra imunohistokimia masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dan kemungkinan terjadi kesalahan perhitungan karena *human error*. Penelitian sebelumnya dengan metode transformasi wavelet, *fuzzy logic* dan morfologi atau disingkat WaFuMos (Rohandi, 2012), berhasil menentukan *sensitivity* sebesar 0,9961 dan *specificity* sebesar 0,1350 pada 13 citra imunohistokimia dengan pulasan cokelat. Kekurangan dalam metode WaFuMos yaitu dalam menentukan sel negatif lemah, sehingga berpengaruh pada penentuan prosentase positifitas antigen. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki metode WaFuMos, sehingga hasil perhitungan prosentase sel positif dan negatif pada suatu paparan citra imunohistokimia menjadi lebih akurat. Perbaikan metode WaFuMos dilakukan dengan menambahkan algoritma pengaturan intensitas warna citra (*image adjustment*) untuk meningkatkan warna pada sel negatif lemah. Hasil uji diagnostik terhadap hasil eksperimen yang didapatkan dengan metode usulan menunjukkan *sensitivity* sebesar 0,9294 dan 0,5807 untuk *specificity*. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan oleh sistem dengan metode usulan lebih baik dari metode WaFuMos, karena uji diagnostik terhadap suatu sistem dikatakan baik apabila *sensitivity* dan *specificity* mendekati 1.

Kata Kunci : Citra Imunohistokimia Pulasan Cokelat, Metode WaFuMos, *Image Adjustment*, Penentuan Positifitas Antigen.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan tingkat kejadian kanker payudara sebesar 16,85% atau 8.227 kasus, menurut Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS) pada tahun 2007. Pengobatan pada penderita kanker payudara diatas stadium 3 tidak dapat dilakukan dengan cara bedah, melainkan dengan cara radioterapi, kemoterapi, hormonoterapi dan sebagainya. Diagnosis yang tepat terhadap kondisi kanker pada tahap ini, menentukan terapi yang akan diberikan. Salah satu penegakan diagnosis adalah dengan pemeriksaan patologi yang menggunakan citra imunohistokimia untuk mendeteksi adanya antigen dalam jaringan sel. Citra imunohistokimia merupakan salah satu citra medis digital dalam bidang patologi yang digunakan oleh patolog untuk mendeteksi antigen di dalam sel. Perhitungan antigen dalam citra imunohistokimia biasanya masih dilakukan dengan menandai sel kanker positif dan negatif secara manual oleh patologist. Hal ini tentunya membutuhkan waktu yang lama, serta kemungkinan kesalahan dalam identifikasi dan perhitungan karena *Human Error*. Penelitian tentang citra imunohistokimia kanker payudara di Indonesia telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan suatu perangkat lunak yang secara otomatis dapat menghitung sel positif dan negatif pada suatu paparan citra imunohistokimia dan memberikan solusi alternatif pengganti perangkat lunak TissueGnostics seharga Rp. 1,9 milyar rupiah yang masih belum terjangkau oleh banyak pusat kesehatan di Indonesia. Salah satu penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu dengan metode transformasi wavelet, *fuzzy logic* dan morfologi atau WaFuMos (Rohandi, 2012). Eksperimen ini berhasil menentukan sel positif rata-rata sebesar 97,0% dan sel negatif sebesar 20,37% pada 13 citra imunohistokimia dengan pulasan cokelat. Kekurangan dalam metode WaFuMos yaitu dalam menentukan sel negatif lemah, sehingga berpengaruh pada penentuan prosentase positifitas antigen.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian kembali untuk mengembangkan suatu prototype perangkat lunak dengan memperbaiki metode WaFuMos, sehingga hasil perhitungan prosentase sel positif dan negatif pada suatu paparan citra imunohistokimia menjadi lebih akurat. Perbaikan metode WaFuMos dilakukan dengan menambahkan algoritma pengaturan intensitas warna citra (*image adjustment*) untuk meningkatkan warna pada sel negatif lemah. Oleh karena itu disusunlah penelitian ini yang

berjudul “Penerapan algoritma *image adjustment* pada metode WaFuMos dalam penentuan prosentase positifitas antigen citra imunohistokimia pulasan coklat”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yakni:

Bagaimana pengaruh hasil pengaturan intensitas warna citra (*image adjustment*) pada metode WaFuMos dalam meningkatkan warna sel negatif lemah terhadap penentuan prosentase positifitas antigen?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini yakni :

1. Merancang prototype perangkat lunak yang secara otomatis dapat menghitung prosentase positifitas antigen pada suatu paparan citra imunohistokimia dengan pulasan coklat.
2. Memperbaiki metode WaFuMos dalam penentuan prosentase positifitas antigen citra imunohistokimia pulasan coklat dengan menambahkan algoritma *image adjustment*.

1.4 Urgensi Penelitian

Urgensi dalam penelitian ini yakni diharapkan dapat :

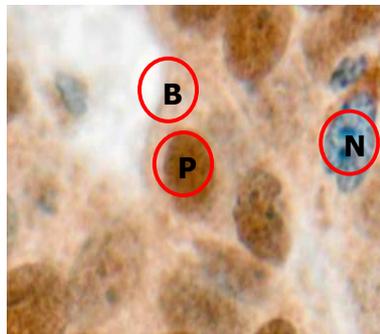
1. Membantu Patologist dalam menentukan terapi yang akan diberikan kepada pasien penderita kanker payudara.
2. Memberikan solusi alternatif pengganti perangkat lunak TissueGnostics seharga Rp. 1,9 milyar rupiah yang masih belum terjangkau oleh banyak pusat kesehatan di Indonesia.
3. Mendapatkan metode yang lebih baik dalam penentuan prosentase positifitas antigen citra imunohistokimia dengan pulasan coklat.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Citra Imunohistokimia

Imunohistokimia merupakan metode yang digunakan untuk mendeteksi tempat asal jaringan antigen menggunakan spesifik antibodi. Reaksi dari antigen-antibodi dapat dilihat dengan munculnya warna coklat pada area sel positif dan warna biru pada area sel negatif (Ramos-vara, 2005). Citra sel pulasan imunohistokimia mempunyai 4 elemen, yaitu inti sel positif (P), inti sel negatif (N), bukan sel utama (limfosit), dan jaringan ikat (B).



Gambar 2.1. Citra sel pulasan imunohistokimia dengan filter warna coklat.

Perangkat lunak pada sistem mikroskop digital digunakan untuk mengakuisisi citra preparat menjadi citra digital menggunakan filter warna untuk menentukan warna *background* citra sel pulasan imunohistokimia.

2.2. Fitur Warna

- **Model Warna RGB**

Warna dalam citra umumnya direpresentasikan dalam warna dasar *Red, Green and Blue* (RGB), dimana setiap piksel dari citra tersebut merupakan gabungan dari ketiga warna tersebut. Model warna RGB dapat divisualisasikan dengan sebuah kubus seperti pada gambar 2.3, dengan tiga sumbu yang mewakili warna dasar merah (*Red*), Hijau (*Green*) dan biru (*Blue*). Warna merah dihasilkan jika nilai $R=255$, $G=0$ dan $B=0$, untuk warna hijau dihasilkan jika nilai $R=0$, $G=255$ dan $B=0$, sedangkan untuk menghasilkan warna biru nilai $R=0$, $G=0$ dan $B=255$. Warna putih dihasilkan jika nilai $R=G=B=255$ dan warna hitam dihasilkan jika $R=G=B=0$.

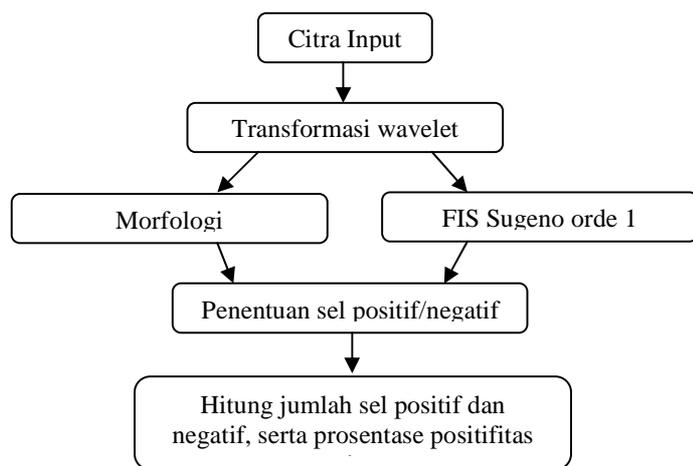
- **Model Warna YCbCr**

Model warna YcbCr dikembangkan untuk bidang video dan fotografi digital. Komponen Y merupakan kecerahan atau *luminance* yang memiliki rentang nilai 16-235, sedangkan Cr dan Cb merupakan kroma atau *chrominance* yang memiliki rentang nilai 16-240. Nilai dari YCbCr dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.79 & -74.203 & 112.00 \\ 112.00 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.3. Metode WaFuMos

Metode WaFuMos merupakan gabungan beberapa metode, yaitu Transformasi Wavelet, Fuzzy logic dengan *fuzzy inference system* Sugeno orde 1 dan operasi morfologi. Praproses dengan transformasi wavelet dilakukan untuk mengangkat inti sel dengan meningkatkan intensitas warna *background* menjadi warna keputih-putihan, ciri warna sel negatif dan sel positif didapatkan dengan *Fuzzy inference system* (FIS) Sugeno orde satu, serta operasi morfologi untuk mendapatkan bentuk sel. Hasil ekstraksi ciri warna kemudian digabungkan dengan hasil operasi morfologi untuk menentukan sel positif dan sel negatif. Sel positif dan negatif yang didapatkan kemudian dihitung jumlah dan prosentasinya. Kekurangan dalam metode WaFuMos yaitu dalam menentukan sel negatif lemah, sehingga berpengaruh pada penentuan prosentase positifitas antigen. Berikut adalah diagram metode WaFuMos :



Gambar 2.2 Diagram metode WaFuMos

2.3.1 Transformasi *Wavelet Haar*

Wavelet dapat diartikan sebagai gelombang singkat atau *small wave*. Transformasi *Wavelet* akan mengkonversi suatu sinyal kedalam sederetan gelombang singkat. Gelombang singkat tersebut merupakan fungsi basis yang terletak pada waktu yang berbeda (Darma, 2010). Transformasi *wavelet* merupakan perbaikan dari transformasi *fourier*, dimana *wavelet* selain mampu memberikan informasi frekuensi yang muncul, *wavelet* juga dapat menganalisa suatu sinyal sebagai kombinasi waktu (skala) dan frekuensi. Konsep transformasi *wavelet* yaitu dengan membagi citra input kedalam empat sub citra baru yang berukuran $\frac{1}{4}$ kali dari ukuran citra aslinya. Sub citra pertama pada kiri atas merupakan *approximation*, dimana tampak lebih halus dan tampak sama seperti citra aslinya, karena berisi komponen frekuensi rendah dari citra aslinya. Sub citra *approximation* ini dapat dibagi lagi menjadi empat sub image baru sampai dengan level transformasi yang diinginkan. Ketiga sub citra lainnya pada kanan atas, kiri bawah dan kanan bawah merupakan *detail* dari citra yang berisi komponen frekuensi tinggi yang akan tampak lebih kasar dari citra asli. *Detail* citra tersebut merupakan bagian detail horizontal, detail vertikal dan detail diagonal.

Diantara keluarga *Wavelet* yang ada, *Wavelet Haar* merupakan *Wavelet* yang paling tua dan sederhana yang merupakan sumber munculnya keluarga *Wavelet* yang lainnya. *Wavelet Haar* diperkenalkan oleh Alfred Haar pada tahun 1909. Dalam transformasi Haar pada citra terdapat dua proses yang dapat dilakukan, yaitu dekomposisi dan rekonstruksi (*inverse*). Dekomposisi adalah proses memecah citra menjadi empat sub citra yaitu satu citra *approximation* dan 3 citra detail, sedangkan proses rekonstruksi adalah kebalikan dari proses dekomposisi, yaitu membentuk kembali pecahan-pecahan sub citra tersebut seperti semula.

2.3.2 Morfologi

Operasi morfologi menggunakan dua input himpunan, yaitu citra biner dan suatu kernel (*structuring elements*). *Structuring elements* (SE) merupakan suatu matriks yang pada umumnya berukuran kecil (Darma, 2010). SE dapat bernilai 1, 0 dan *don't care* (biasanya kosong atau tanda silang). Terdapat empat operasi dasar dalam matematika morfologi, yaitu:

- **Dilasi (*Dilation*)**

Operasi dilasi merupakan operasi untuk mengatur piksel agar dapat diperluas berdasarkan SE yang digunakan. Bila suatu citra input dinyatakan dengan A dan SE dinyatakan dengan B, maka dilasi A oleh B merupakan hasil dari operasi gabungan (union) dari A ditranslasikan oleh B yang secara matematika dapat didefinisikan dengan:

$$A \oplus B = \bigcup_{x \in B} A_x \dots \dots \dots 2.2$$

- **Erosi (*Erosion*)**

Operasi erosi merupakan kebalikan dari operasi dilasi. Jika dalam operasi dilasi objek yang dihasilkan lebih luas, maka dalam operasi erosi objek yang dihasilkan menyempit (mengecil). Bila suatu citra input dinyatakan dengan A dan SE dinyatakan dengan B, maka erosi A oleh B merupakan irisan dari setiap penggerusan A_{-x} terhadap A menggunakan gerusan B, yang secara matematika dapat didefinisikan dengan :

$$A \ominus B = \bigcap_{x \in B} A_{-x} \dots \dots \dots 2.3$$

Dimana $A_{-x} = \min (a,b); a \in A; \forall b \in B$.

- **Opening**

Operasi *opening* merupakan operasi erosi yang dilanjutkan dengan operasi dilasi dengan SE yang sama. Operasi erosi dapat menyebabkan penurunan ukuran objek, untuk itu perlu dilakukan operasi dilasi untuk mencegah penurunan objek secara keseluruhan. Bila citra input dinyatakan dengan A dan SE dinyatakan dengan B, maka opening A oleh B dapat didefinisikan dengan:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \dots \dots \dots 2.4$$

Operasi opening harus memenuhi ketentuan berikut:

1. Idempotent, yaitu $(A \circ B) \circ B = A \circ B$
2. Menaik, yaitu jika $A \subseteq C$, maka $A \circ B \subseteq C \circ B$
3. *Anti-extensive*, yaitu $A \circ B \subseteq A$

- **Closing**

Sama seperti operasi *opening*, operasi *closing* merupakan penggabungan operasi dilasi yang diikuti dengan operasi erosi dengan SE yang sama. Hasil operasi *closing* hampir mirip dengan hasil operasi dilasi, hanya saja hasil operasi *closing* tidak sebesar hasil dilasi. Hasil operasi dilasi akan menyebabkan pembengkakan bentuk keseluruhan

objek, efek ini dapat dikurangi dengan menerapkan operasi erosi. Secara matematis operasi closing dapat didefinisikan dengan:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \dots\dots\dots 2.5$$

Operasi closing harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Idempoten, yaitu $(A \bullet B) \bullet B = A \bullet B$
2. Menaik, yaitu jika $A \subseteq C$, maka $A \bullet C \subseteq C \bullet B$
3. Extensive, yaitu $A \subseteq A \bullet B$

• **Penghilangan Noise**

Hasil operasi morfologi opening dapat menyebabkan bagian-bagian yang bukan objek terhapus, namun menimbulkan lubang-lubang yang bukan merupakan bagian dari objek yang disebut *noise*. Sebaliknya operasi morfologi closing dapat menutup lubang-lubang kecil pada objek yang diteliti, namun pada bagian objek yang tidak diteliti dalam citra menyatu dengan objek yang diteliti. Bagian ini disebut *noise* dalam proses segmentasi. Untuk mendapatkan hasil segmentasi yang baik maka *noise* tersebut harus dihilangkan atau dikurangi dengan melakukan operasi opening kemudian diikuti dengan operasi closing atau sebaliknya.

$$OC = (A \circ B) \bullet B \dots\dots\dots 2.6$$

$$CO = (A \bullet B) \circ B \dots\dots\dots 2.7$$

2.3.3 Logika Fuzzy

Motivasi dalam logika fuzzy adalah memetakan sebuah ruang input kedalam ruang output dengan menggunakan aturan IF-THEN. Pemetaan dilakukan dalam suatu *Fuzzy Inference System* (FIS) yang akan mengevaluasi semua aturan secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan. Dalam memahami logika fuzzy, kita harus memahami himpunan fuzzy (*fuzzy set*). *Fuzzy set* adalah sebuah himpunan dimana keanggotaannya tidak mempunyai derajat yang jelas. Himpunan fuzzy mendasari konsep logika fuzzy dimana dinyatakan bahwa kebenaran dari pernyataan hanyalah masalah derajat. Dalam logika fuzzy, derajat logika “benar/salah” diberi bobot dalam rentang 0 sampai 1.

Fungsi dalam logika fuzzy yang memetakan ruang input menjadi bobot atau derajat sering disebut dengan *membership function* (fungsi keanggotaan). Fungsi ini mendefinisikan memetakan tiap titik dalam ruang input kedalam derajat keanggotaan 0

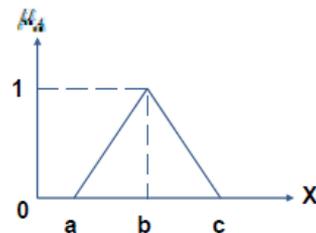
sampai dengan 1. Sebuah fuzzy set merupakan pengembangan dari sebuah himpunan klasik. Jika X adalah ruang input dan x merupakan elemen-elemennya, maka fuzzy set A dalam X didefinisikan dengan:

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in X\} \dots\dots\dots 2.8$$

$\mu_A(x)$ adalah fungsi keanggotaan dari x dalam A, dimana tiap elemen x dipetakan menjadi derajat keanggotaan 0 sampai dengan 1.

Terdapat beberapa macam fungsi keanggotaan, namun yang umum dan yang mudah digunakan adalah kurva segitiga dan kurva trapesoidal seperti gambar 2.10 dan 2.11(Kusuma Dewi, 2002).

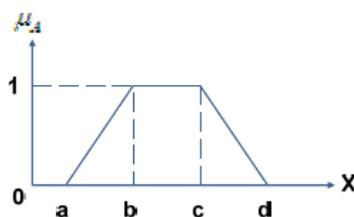
Terdapat beberapa macam fungsi keanggotaan, namun yang umum dan yang mudah digunakan adalah kurva segitiga dan kurva trapesoidal seperti gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar 2.3 Kurva segitiga

Kurva segitiga memiliki fungsi keanggotaan :

$$\mu_A(X) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & b \leq x \leq c \\ (c-b) & \end{cases} \dots\dots\dots 2.9$$



Gambar 2.4 Kurva trapesoidal

Sedangkan untuk kurva trapesoidal fungsi keanggotaannya:

$$\mu_A(X) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & x \geq d \end{cases} \dots\dots\dots 2.10$$

- **Inferensi Sistem Fuzzy Sugeno**

FIS Sugeno juga dikenal dengan FIS Takagi-Sugeno-Kang. Dalam FIS Sugeno proses fuzzifikasi, operasi logika fuzzy dan implikasinya tidak berbeda dari FIS tipe Mamdani(Naba, 2009). Perbedaannya terletak pada jenis fungsi keanggotaan yang dipakai dalam konsekuensinya yang menggunakan *singleton*. FIS sugeno menggunakan singleton bernilai konstan atau linier. Format aturan fuzzy Sugeno adalah *IF x is A AND y is B THEN z is f(x,y)* dimana x,y dan z adalah *linguistic variables*, A dan B adalah himpunan fuzzy yang merupakan bagian dari himpunan universal X dan Y, dan *f(x,y)* adalah fungsi matematika.

Fuzzy Sugeno dikatakan berorde nol jika *f(x,y) = konstan*, dimana *IF x is A AND y is B THEN z is k* (k=konstanta). Fuzzy Sugeno dikatakan berorde satu, jika *f(x,y) = linier orde satu*, dimana *IF x is A AND y is B THEN z is p₁ * x + p₂ * y + q* (p₁, p₂ dan q adalah konstanta). Proses defuzzifikasi pada Sugeno lebih efisien dibandingkan dengan Mamdani, dikarenakan tipe Sugeno menghitung nilai keluaran dengan cara :

$$Output = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \dots\dots\dots 2.11$$

W_i adalah hasil proses operasi logika fuzzy *antecedent* dan z_i adalah aturan keluaran ke-i. keluaran akhir tidak lain adalah sebuah pembobotan rata-rata (Naba, 2009).

Pada penelitian ini untuk menentukan nilai konstanta fuzzy Sugeno orde 1, maka dilakukan proses penskalaan agar nilai konsekuen (*output*) berada pada rentang 0 dan 1. Adapun rumus proses penskalaan dapat dituliskan sebagai berikut (Darma, 2010):

$$\hat{X} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} * (S - R) + R \dots\dots\dots 2.12$$

Dengan \hat{X} merupakan data atau fitur X dalam interval tertentu. X merupakan data atau fitur, X min adalah nilai fitur yang paling minimum dan X max adalah nilai fitur yang paling maksimal. S merupakan batas atas dari interval dan R merupakan batas bawah dari interval.

2.4. Image Adjusment

Image adjusment (imadjust) merupakan tools dasar yang terdapat pada Image Processing Toolbox yang disediakan oleh MATLAB yang berguna untuk mentransformasikan intensitas grayscale dan RGB dari sebuah citra. *Image adjusment* pada MATLAB memiliki syntax sebagai berikut :

$$j = \text{imadjust}(RGBi, \dots)$$

Variabel ***RGBi*** merupakan input citra dimana tipe variabel dapat berupa class uint8, uint16 atau double, dan output ***j*** memiliki tipe kelas yang sama dengan citra input. *Syntax* diatas melakukan *adjustment* pada setiap bagian warna dari citra (*Red*, *Green* dan *Blue*) dari citra ***RGBi***. Pada setiap bagian warna dari citra (*Red*, *Green* dan *Blue*), pemetaan yang unik dapat diterapkan pada *Colormap adjustment*. Berikut adalah contoh *image adjustment* pada citra RGB

(<http://www.mathworks.com/help/toolbox/images/ref/imadjust.html>).

```
RGB1 = imread('football.jpg');  
RGB2 = imadjust(RGB1,[.2 .3 0; .6 .7 1],[,]);  
imshow(RGB1), figure, imshow(RGB2)
```



Gambar 2.5 Kiri : Citra sebelum, Kanan : Citra setelah *image adjustment* pada citra RGB

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Objek Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 5 (lima) bulan dengan objek penelitian citra imunohistokimia dengan pulasan coklat.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Studi pustaka
2. Wawancara

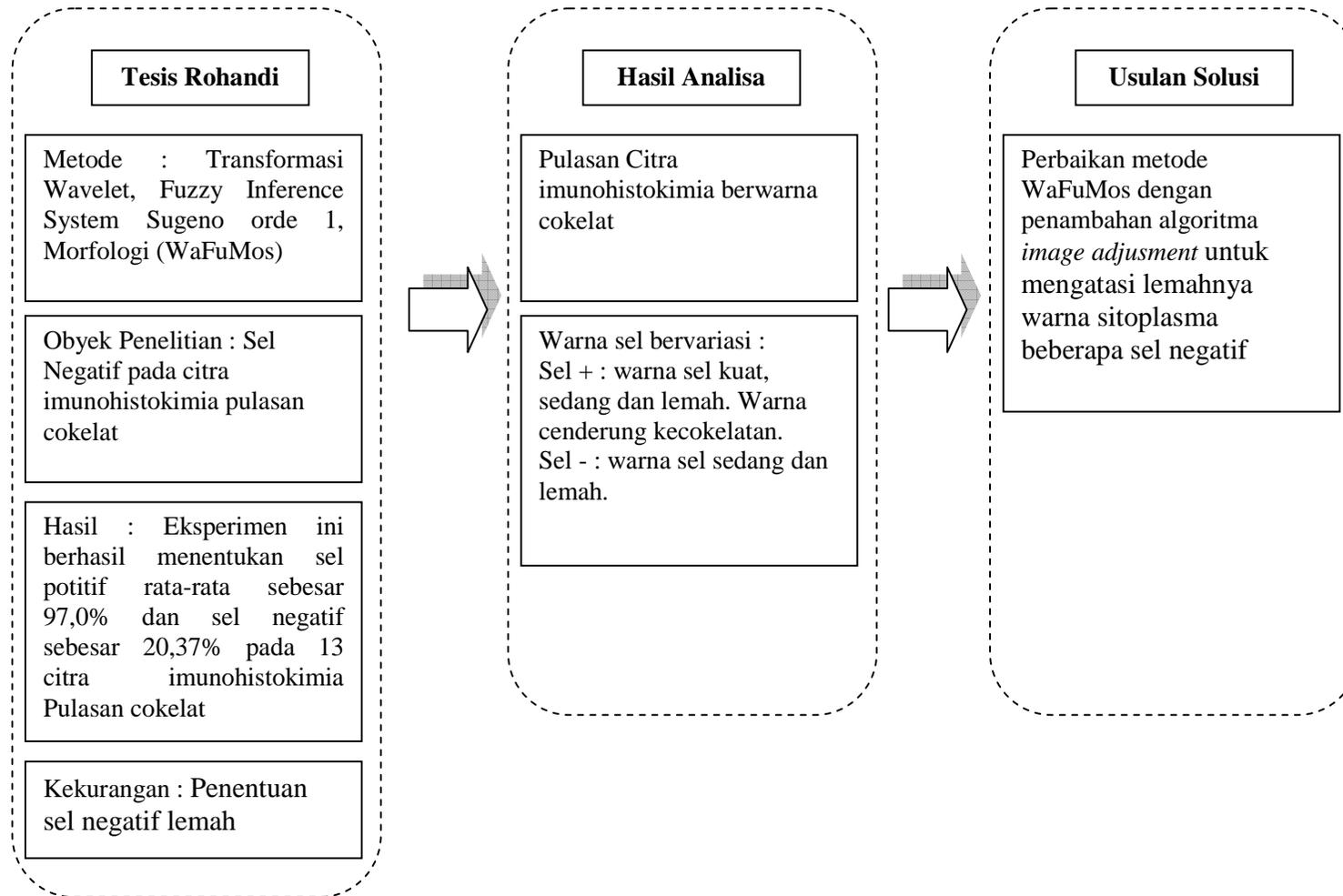
3.3. Sumber Data dan Perangkat Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Fakultas Kedokteran UI, yang terdiri dari 13 citra imunohistokimia dengan pulasan coklat berukuran 1280 x 960 piksel yang kemudian di sesuaikan ukurannya menjadi 394 x 500 piksel.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan *Processor* Inter Core2Duo 1.6 GHz dan *Memory* 3 GB DDR2. Perangkat lunak yang digunakan adalah MATLAB R2010a.

3.4. Gambaran Singkat Proses Pengembangan Metode

Pengembangan metode diawali dengan melakukan kajian terhadap metode WaFuMos (Rohandi, 2012), dimana diperoleh hasil bahwa metode WaFuMos masih memiliki kekurangan dalam menentukan sel negatif lemah, sehingga berpengaruh pada penentuan prosentase positifitas antigen. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan melakukan kajian dan analisa terhadap citra imunohistokimia dengan pulasan coklat. Penelitian dikembangkan pada objek sel negatif lemah, sehingga diperoleh analisa bahwa kekurangan pada metode WaFuMos disebabkan karena warna sitoplasma sel negatif sangat lemah, sehingga terlihat hampir menyerupai sebagian dari warna *background*. Penelitian ini mengusulkan metode yang dianggap mampu mengatasi permasalahan diatas, yaitu dengan menggunakan *image adjustment* untuk mengatasi lemahnya warna sitoplasma beberapa sel negatif. Selanjutnya ketahapan usulan solusi perbaikan metode WaFuMos.



Gambar 4.1 Gambaran singkat proses pengembangan Metode *image adjustment* + WaFuMos.

3.5. Uji Diagnostik

Diagnosa atau *Screening* merupakan langkah awal yang penting dalam pengobatan. Kesalahan dalam diagnosa menyebabkan kesalahan dalam pengobatan terhadap pasien. Dalam diagnosa, dilakukan tes untuk melihat apakah seseorang menderita penyakit atau tidak. Kemungkinan-kemungkinan yang terjadi dalam diagnosa dapat disebut probabilitas.

TP (*True positive*) : Orang yang sakit di diagnosa sebagai orang yang sakit.

TN (*True negative*) : Orang yang sehat di diagnosa sebagai orang yang sehat

FP (*False positive*) : Orang yang sehat di diagnosa sebagai orang yang sakit.

FN (*False negative*) : Orang yang sakit di diagnosa sebagai orang yang sehat.

D⁺ : Kenyataan benar ada penyakit

D⁻ : Kenyataan salah ada penyakit

- ***Sensitivity dan Specificity***

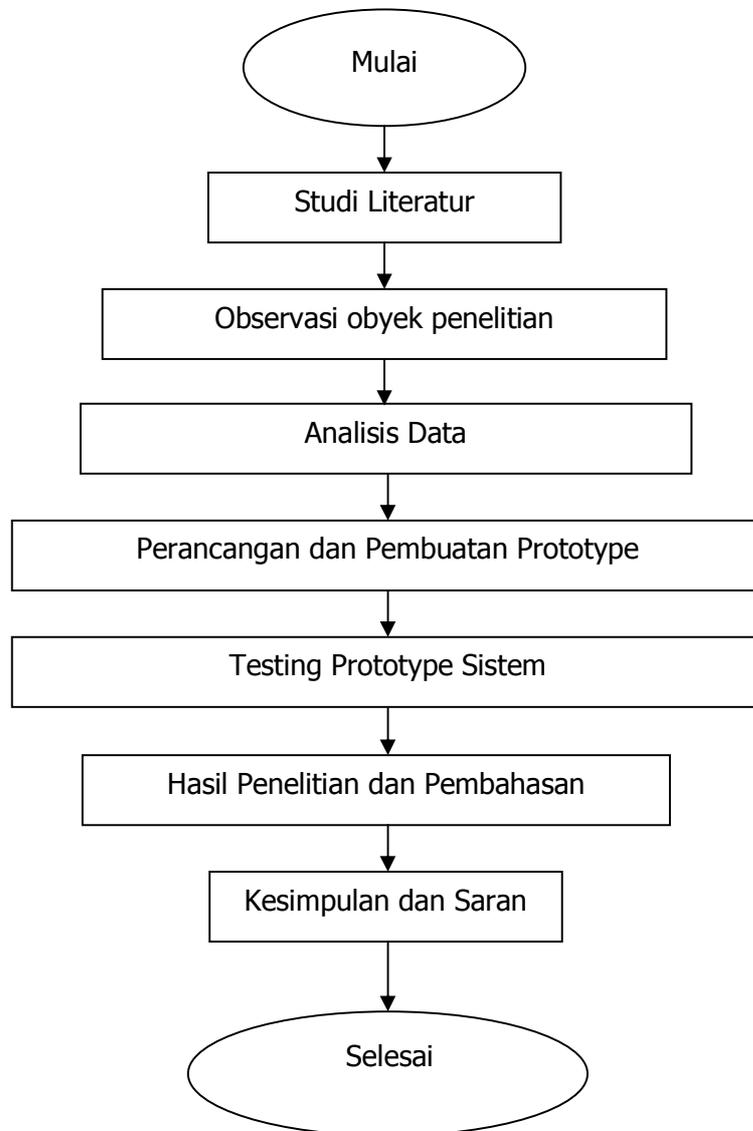
Suatu prosedur diagnosa dapat dilihat berdasarkan nilai *sensitivity* dan *specificity*, semakin tinggi nilai *sensitivity* dan *specificity* (mendekati 1) semakin baik hasil yang didapatkan suatu alat. Notasi probabilitas *sensitivity* dan *specificity* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Sensitivity} = P(\text{TP}|\text{D}^+) = \text{TP}/(\text{TP} + \text{FN}) \dots\dots\dots 3.1$$

$$\text{Specificity} = P(\text{TN}|\text{D}^-) = \text{TN}/(\text{TN} + \text{FP}) \dots\dots\dots 3.2$$

Sensitivity dan *specificity* menggambarkan seberapa baik hasil diagnosa dalam suatu tes dapat memisahkan antara pasien yang memiliki penyakit dan yang tidak.

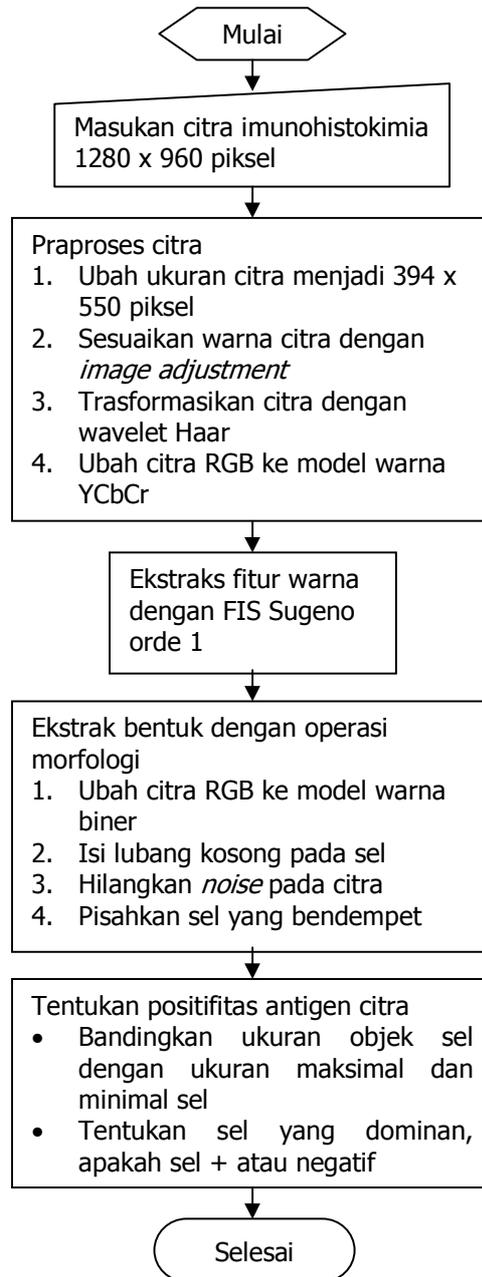
3.6. Bagan Alir Tahap Penelitian



Gambar 4.3 Bagan alir tahapan penelitian.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Flowchart Sistem yang akan Dibangun



Gambar 5.1 *Flowchart* sistem yang akan dibangun

4.2 Praproses pada citra imunohistokimia yang menjadi input

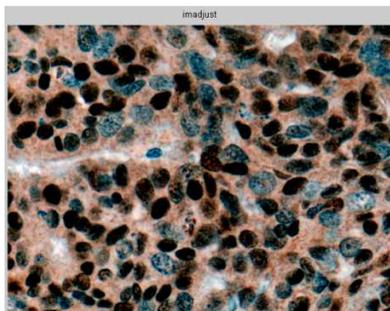
Praproses pada citra imunohistokimia dilakukan untuk mendapatkan citra yang lebih halus dan mengangkat inti sel dengan meningkatkan intensitas warna *background* sehingga warna *background* mendekati warna putih. Tahapan pada praproses terbagi atas tiga, yaitu:

4.2.1 Pengaturan intensitas warna citra dengan *image adjustment*

Pengaturan intensitas warna pada citra dilakukan untuk meningkatkan warna sel negatif lemah sehingga lebih nampak pada citra imunohistokimia. Nilai *plane* (*red, green dan blue*) dari citra imunohistokimia kemudian dicari dengan cara *trial and error* yaitu dengan mencoba satu-persatu nilai pada setiap *plane* hingga didapatkan nilai *plane* yang cocok. Adapun nilai *plane* yang cocok .6 .4 .3 untuk *low in* dan 1 1 1 untuk *high in*. Berikut algoritma untuk *image adjustment* pada prototype yang dibuat:

```
im = imadjust(im,[.6 .4 .3; 1 1 1],[]);  
figure, imshow(im);  
title('imadjust');
```

Adapun contoh hasil *image adjustment* pada citra imunohistokimia dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.2 Contoh hasil *image adjustment* pada citra C1.jpg

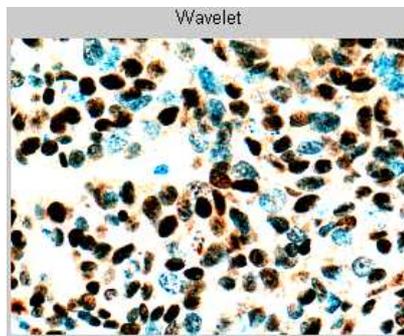
Hasil *image adjustment* kemudian digunakan kembali pada proses transformasi wavelet.

4.2.2 Transformasi Wavelet Haar

Transformasi wavelet pada citra imunohistokimia hasil *image adjustment* dilakukan untuk mendapatkan citra yang lebih halus dan mengangkat inti sel dengan meningkatkan intensitas warna *background* sehingga warna *background* mendekati warna putih (RGB = 255). Warna background pada citra imunohistokimia memiliki nilai

antara 152 – 187 untuk nilai *Red*, 141 – 173 untuk nilai *Green* dan 114 – 137 untuk nilai *Blue*.

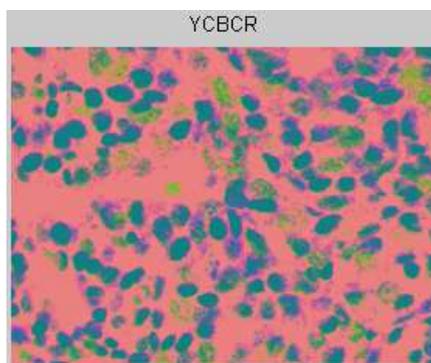
Dengan metode perataan (*averaging*) dan beda/selisih (*differencing*) pada *Wavelet Haar*, citra imunohistokimia dibagi (didekomposisi) menjadi 4 sub-citra baru yang berukuran $\frac{1}{4}$ kali citra asli. Sub-citra *approximation* yang terlihat seperti citra aslinya, tetapi dengan ukuran lebih kecil dan lebih halus. Citra ini merupakan sinyal dengan frekuensi *low-low*, sedangkan 3 sub-citra lainnya merupakan versi kasar dari citra asli yang berisi detail orientasi horisontal, vertikal dan diagonal (*low-high*, *high-low* dan *high-high*). Berikut adalah contoh citra imunohistokimia hasil transformasi wavelet :



Gambar 5.3 Contoh hasil transformasi wavelet pada citra C1.jpg

4.2.3 Konversi citra RGB hasil transformasi wavelet ke model warna YCbCr

Citra imunohistokimia yang telah di transformasi dengan *Wavelet Haar* kemudian di konversi model warnanya kedalam YCbCr. Hasil konversi citra imunohistokimia RGB kedalam model warna YCbCr menghasilkan warna biru untuk sel positif, warna hijau untuk sel negatif dan warna merah muda untuk *background*. Gambar 5.4 merupakan hasil konversi citra imunohistokimia RGB ke YCbCr.



Gambar 5.4 Contoh hasil konversi citra RGB ke YCbCr pada citra C1.jpg

Dari hasil konversi citra RGB ke YCbCr, kemudian dicari rentang nilai warna sel positif, sel negatif dan bukan sel (*background*), sehingga didapatkan rentang nilai warna seperti pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Rentang Warna Sel Positif, Sel Negatif dan *Background*

Warna YCbCr	Sel Positif	Sel Negatif	<i>Background</i>
Y = 16-235	Y = 92 – 165	Y = 89 – 215	Y = 218 – 235
Cb = 16-240	Cb = 77 – 130	Cb = 118 – 169	Cb = 170 – 240
Cr = 16-240	Cr = 106 – 150	Cr = 90 – 115	Cr = 160 – 240

4.3 Ekstraksi Ciri warna dengan FIS Sugeno Orde 1

Setelah rentang nilai warna YCbCr untuk sel positif, sel negatif dan *Background* didapatkan, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan *linguistic variables* untuk sistem inferensi fuzzy yang akan dibangun. Dalam penelitian ini terdapat empat *linguistic variables* utama yaitu variabel Y, Cb, Cr dan Sel. Variabel tersebut memiliki rentang nilai seperti yang terlihat pada tabel 5.2 dan 5.3:

Tabel 5.2 Rentang Nilai *Linguistic Variables* Input Sel YCbCr

<i>Input Variables</i> /Rentang	<i>Low</i>	<i>Low Medium</i>	<i>Medium High</i>	<i>High</i>
Y = 16 – 235	16 – 120	110 – 150	140 – 195	190 – 235
Cb = 16 – 240	16 – 117	115 – 160	150 – 190	180 – 240
Cr = 16 – 240	16 – 118	116 – 165	160 – 200	190 – 240

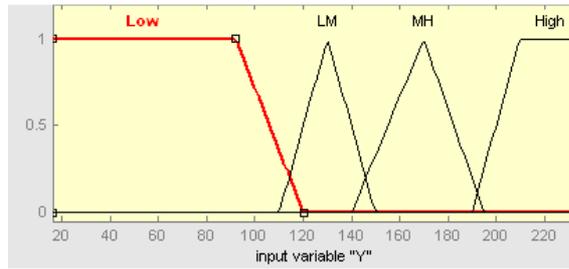
Tabel 5.3 Rentang Nilai *Linguistic Variables* Output Sel

<i>Output Variables</i> /Rentang	Sel +	Sel -	<i>Background</i>
Nilai	0 – 0.4	0.3 – 0.7	0.6 – 1

4.3.1 Menentukan Himpunan Fuzzy untuk Variabel *input* pada FIS Sugeno Orde 1.

Setelah *linguistic variables* dan rentang nilainya didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan himpunan fuzzy dari setiap variabel *input*. Berikut ini adalah himpunan fuzzy untuk setiap variabel *input* yang dibuat menggunakan *MATLAB Toolbox*.

- Himpunan Fuzzy dari variabel *input* Y



Gambar 5.5 Himpunan Fuzzy dari Variabel *Input* Y

Fungsi keanggotaan *low* untuk variabel Y menggunakan kurva trapesoidal didapatkan dengan memasukan rentang nilai *low* pada tabel 5.2 diatas kedalam persamaan 2.10, sehingga didapatkan:

$$\mu_{Low}(Y) = \begin{cases} 1, & 16 \leq Y \leq 92 \\ \frac{120 - Y}{120 - 92}, & 92 \leq Y \leq 120 \\ 0, & Y \geq 120 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *Low Medium* untuk variabel Y menggunakan kurva segitiga didapatkan dengan memasukan rentang nilai *Low Medium* pada tabel 5.2 kedalam persamaan 2.9, sehingga didapatkan:

$$\mu_{LM}(Y) = \begin{cases} 0, & Y \leq 110 \text{ atau } Y \geq 150 \\ \frac{Y - 110}{130 - 110}, & 110 \leq Y \leq 130 \\ \frac{150 - Y}{150 - 130}, & 130 \leq Y \leq 150 \end{cases}$$

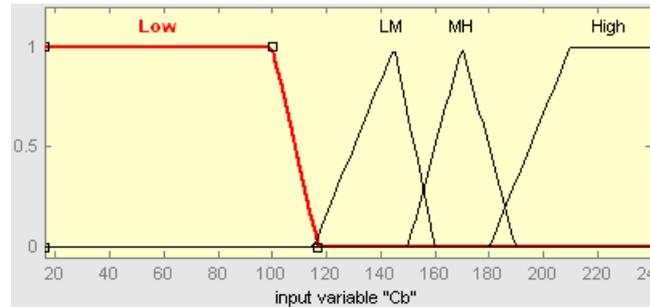
Fungsi keanggotaan *Medium High* untuk variabel Y menggunakan kurva segitiga didapatkan dengan memasukan rentang nilai *Medium High* pada tabel 5.2 kedalam persamaan 2.9, sehingga didapatkan:

$$\mu_{MH}(Y) = \begin{cases} 0, & Y \leq 140 \text{ atau } Y \geq 195 \\ \frac{Y - 140}{170 - 140}, & 140 \leq Y \leq 170 \\ \frac{195 - Y}{195 - 170}, & 170 \leq Y \leq 195 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *High* untuk variabel Y menggunakan kurva trapesoidal didapatkan dengan memasukan rentang nilai *High* pada tabel 5.2 diatas kedalam persamaan 2.10, sehingga didapatkan:

$$\mu_{High}(Y) = \begin{cases} 0, & Y \leq 190 \\ \frac{Y - 190}{210 - 190}, & 190 \leq Y \leq 210 \\ 1, & Y \geq 210 \end{cases}$$

- Himpunan Fuzzy dari variabel *input* Cb



Gambar 5.6 Himpunan Fuzzy dari Variabel *Input* Cb.

Fungsi keanggotaan *low* untuk variabel Cb menggunakan kurva trapesoidal didapatkan dengan memasukan rentang nilai *low* pada tabel 5.2 diatas kedalam persamaan 2.10, sehingga didapatkan:

$$\mu_{Low}(Cb) = \begin{cases} 1, & 16 \leq Cb \leq 100 \\ \frac{117 - Cb}{117 - 100}, & 100 \leq Cb \leq 117 \\ 0, & Cb \geq 117 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *Low Medium* untuk variabel Cb menggunakan kurva segitiga didapatkan dengan memasukan rentang nilai *Low Medium* pada tabel 3.2 kedalam persamaan 2.9, sehingga didapatkan:

$$\mu_{LM}(Cb) = \begin{cases} 0, & Cb \leq 115 \text{ atau } Cb \geq 160 \\ \frac{Cb - 115}{145 - 115}, & 115 \leq Cb \leq 145 \\ \frac{160 - Cb}{160 - 145}, & 145 \leq Cb \leq 160 \end{cases}$$

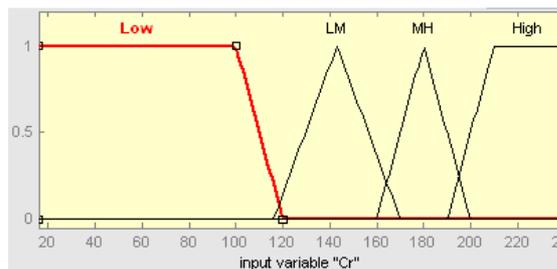
Fungsi keanggotaan *Medium High* untuk variabel Cb menggunakan kurva segitiga didapatkan dengan memasukan rentang nilai *Medium High* pada tabel 5.2 kedalam persamaan 2.9, sehingga didapatkan:

$$\mu_{MH}(Cb) = \begin{cases} 0, & Cb \leq 150 \text{ atau } Cb \geq 190 \\ \frac{Cb - 150}{170 - 150}, & 150 \leq Cb \leq 170 \\ \frac{190 - Cb}{190 - 170}, & 170 \leq Cb \leq 190 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *High* untuk variabel *Cb* menggunakan kurva trapesoidal didapatkan dengan memasukan rentang nilai *High* pada tabel 5.2 diatas kedalam persamaan 2.10, sehingga didapatkan:

$$\mu_{High}(Cb) = \begin{cases} 0, & Cb \leq 180 \\ \frac{Cb - 180}{210 - 180}, & 190 \leq Cb \leq 210 \\ 1, & Cb \geq 210 \end{cases}$$

- Himpunan Fuzzy dari variabel *input Cr*



Gambar 5.7 Himpunan Fuzzy dari Variabel *Input Cr*.

Fungsi keanggotaan *low* untuk variabel *Cr* menggunakan kurva trapesoidal didapatkan dengan memasukan rentang nilai *low* pada tabel 5.2 diatas kedalam persamaan 2.10, sehingga didapatkan:

$$\mu_{Low}(Cr) = \begin{cases} 1, & 16 \leq Cr \leq 100 \\ \frac{120 - Cr}{120 - 100}, & 100 \leq Cr \leq 118 \\ 0, & Cr \geq 118 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *Low Medium* untuk variabel *Cr* menggunakan kurva segitiga didapatkan dengan memasukan rentang nilai *Low Medium* pada tabel 5.2 kedalam persamaan 2.9, sehingga didapatkan:

$$\mu_{LM}(Cr) = \begin{cases} 0, & Cr \leq 116 \text{ atau } Cr \geq 165 \\ \frac{Cr - 116}{143 - 116}, & 116 \leq Cr \leq 143 \\ \frac{170 - Cr}{170 - 143}, & 143 \leq Cr \leq 165 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *Medium High* untuk variabel *Cr* menggunakan kurva segitiga didapatkan dengan memasukan rentang nilai *Medium High* pada tabel 5.2 kedalam persamaan 2.9, sehingga didapatkan:

$$\mu_{MH}(Cr) = \begin{cases} 0, & Cr \leq 160 \text{ atau } Cr \geq 200 \\ \frac{Cr - 160}{180 - 160}, & 160 \leq Cr \leq 180 \\ \frac{200 - Cr}{200 - 180}, & 180 \leq Cr \leq 200 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan *High* untuk variabel *Cr* menggunakan kurva trapesoidal didapatkan dengan memasukan rentang nilai *High* pada tabel 5.2 diatas kedalam persamaan 2.10, sehingga didapatkan:

$$\mu_{High}(Cr) = \begin{cases} 0, & Cr \leq 190 \\ \frac{Cr - 190}{210 - 190}, & 190 \leq Cr \leq 210 \\ 1, & Cr \geq 210 \end{cases}$$

4.3.2 Menentukan himpunan fuzzy untuk variabel *output* SEL pada FIS Sugeno Orde 1

Sugeno orde 1 memiliki konsekuen (*output*) berupa sebuah *singleton* dengan fungsi keanggotaan berupa persamaan linier. Fungsi linier orde satu dapat dituliskan dengan $f(x,y) = (p_1 * Y + p_2 * Cb + p_3 * Cr + q)$ dengan p_1, p_2, p_3 dan q adalah konstanta. Nilai konstan p_1, p_2, p_3 dan q dicari dengan menggunakan persamaan dibawah untuk fitur warna *Y, Cb* dan *Cr* :

$$\left(\left(\left(\frac{Y - 16}{240 - 16} \right) * (S - R) + R \right) + \left(\left(\frac{Cb - 16}{240 - 16} \right) * (S - R) + R \right) + \left(\left(\frac{Cr - 16}{240 - 16} \right) * (S - R) + R \right) \right) \frac{1}{3}$$

Persamaan diatas dapat di sederhanakan menjadi:

$$\frac{Y(S - R)}{672} + \frac{CB(S - R)}{672} + \frac{CR(S - R)}{672} - \frac{48(S - R)}{672} + R$$

Nilai batas atas *S* dan batas bawah *R* untuk fungsi keanggotaan *S+*, *S-* dan *Background* dari fuzzy *singleton* untuk *output* Sel diambil dari tabel 5.3. Nilai konstan untuk fungsi keanggotaan *S+*, $p_1 = 0.0006, p_2 = 0.0006, p_3 = 0.0006$ dan $q = -0.0285$. Nilai konstan untuk fungsi keanggotaan *S-*, $p_1 = 0.0006, p_2 = 0.0006, p_3 = 0.0006$ dan $q = 0.2714$, sedangkan nilai konstan untuk fungsi keanggotaan *Background*, $p_1 = 0.00044, p_2 = 0.00044, p_3 = 0.0006$ dan $q = 0.678$. Nilai konstan p_1, p_2, p_3 dan q inilah nantinya yang

akan dikalikan dan ditambahkan dengan himpunan Fuzzy dari variabel *input* Y, Cb dan Cr.

4.3.3 Menentukan aturan fuzzy pada FIS Sugeno orde 1.

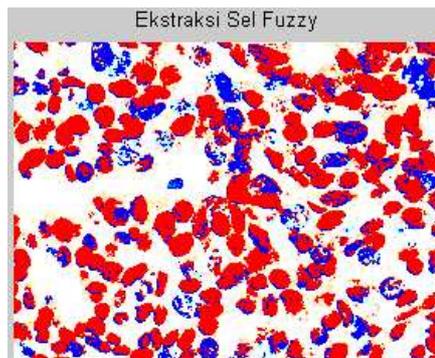
Tabel 5.4 Aturan Fuzzy

NO	Aturan Fuzzy
1	If (Y is Low) and (Cb is Low) and (Cr is Low) then (Sel is Sel+)
2	If (Y is Low) and (Cb is Low) and (Cr is LM) then (Sel is Sel+)
3	If (Y is Low) and (Cb is Low) and (Cr is MH) then (Sel is Sel+)
4	If (Y is Low) and (Cb is Low) and (Cr is High) then (Sel is Sel+)
5	If (Y is Low) and (Cb is LM) and (Cr is LM) then (Sel is Sel+)
6	If (Y is LM) and (Cb is Low) and (Cr is Low) then (Sel is Sel+)
7	If (Y is LM) and (Cb is Low) and (Cr is LM) then (Sel is Sel+)
8	If (Y is LM) and (Cb is Low) and (Cr is MH) then (Sel is Sel+)
9	If (Y is LM) and (Cb is LM) and (Cr is LM) then (Sel is Sel+)
10	If (Y is MH) and (Cb is Low) and (Cr is LM) then (Sel is Sel+)
11	If (Y is MH) and (Cb is Low) and (Cr is MH) then (Sel is Sel+)
12	If (Y is MH) and (Cb is LM) and (Cr is LM) then (Sel is Sel+)
13	If (Y is Low) and (Cb is LM) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
14	If (Y is Low) and (Cb is MH) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
15	If (Y is LM) and (Cb is MH) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
16	If (Y is LM) and (Cb is LM) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
17	If (Y is MH) and (Cb is LM) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
18	If (Y is MH) and (Cb is MH) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
19	If (Y is High) and (Cb is MH) and (Cr is Low) then (Sel is Sel-)
20	If (Y is Low) and (Cb is LM) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
21	If (Y is Low) and (Cb is LM) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
22	If (Y is Low) and (Cb is MH) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
23	If (Y is Low) and (Cb is High) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
24	If (Y is Low) and (Cb is High) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
25	If (Y is Low) and (Cb is High) and (Cr is LM) then (Sel is Bg)
26	If (Y is Low) and (Cb is MH) and (Cr is LM) then (Sel is Bg)
27	If (Y is Low) and (Cb is High) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
28	If (Y is Low) and (Cb is MH) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
29	If (Y is LM) and (Cb is LM) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
30	If (Y is LM) and (Cb is Low) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
31	If (Y is LM) and (Cb is LM) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
32	If (Y is LM) and (Cb is MH) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
33	If (Y is LM) and (Cb is High) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
34	If (Y is LM) and (Cb is High) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
35	If (Y is LM) and (Cb is MH) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
36	If (Y is LM) and (Cb is High) and (Cr is High) then (Sel is Bg)

37	If (Y is MH) and (Cb is High) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
38	If (Y is MH) and (Cb is High) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
39	If (Y is MH) and (Cb is Low) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
40	If (Y is MH) and (Cb is High) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
41	If (Y is MH) and (Cb is MH) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
42	If (Y is MH) and (Cb is Low) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
43	If (Y is MH) and (Cb is MH) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
44	If (Y is MH) and (Cb is Low) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
45	If (Y is High) and (Cb is Low) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
46	If (Y is High) and (Cb is LM) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
47	If (Y is High) and (Cb is High) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
48	If (Y is High) and (Cb is MH) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
49	If (Y is High) and (Cb is LM) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
50	If (Y is High) and (Cb is LM) and (Cr is LM) then (Sel is Bg)
51	If (Y is High) and (Cb is Low) and (Cr is LM) then (Sel is Bg)
52	If (Y is High) and (Cb is Low) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
53	If (Y is High) and (Cb is LM) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
54	If (Y is High) and (Cb is MH) and (Cr is High) then (Sel is Bg)
55	If (Y is High) and (Cb is High) and (Cr is Low) then (Sel is Bg)
56	If (Y is High) and (Cb is High) and (Cr is MH) then (Sel is Bg)
57	If (Y is High) and (Cb is MH) and (Cr is LM) then (Sel is Bg)

Aturan fuzzy ini kemudian dibangun menggunakan *MATLAB Fuzzy Logic Toolbox*.

Gambar berikut merupakan contoh hasil ekstraksi ciri pada citra imunohistokimia :



Gambar 5.8 contoh hasil ekstraksi ciri pada citra imunohistokimia C1.jpg

4.4 Operasi Morfologi

Hasil ekstraksi fitur warna sel yang didapatkan dengan sistem inferensi fuzzy, belum dapat digunakan untuk menghitung prosentase positifitas antigen sel kanker untuk diagnosa terapi yang akan diberikan. Morfologi sel diperlukan untuk mendapatkan

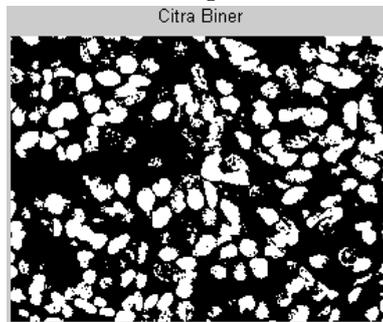
bentuk sel dan untuk menghilangkan noise pada citra imunohistokimia. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk membangun morfologi sel pada citra imunohistokimia :

4.4.1 Mengubah citra RGB ke model warna biner dengan level tertentu.

Level diperoleh dari rata-rata ketajaman dikalikan citra hasil transformasi *Wavelet Haar* dengan skala tertentu. Pencarian skala dilakukan dengan cara *trial and error* dan didapatkan skala yang terbaik yaitu 0.85. Skala ini sangat berguna untuk mendapatkan hasil bentuk sel yang lebih baik pada citra biner. Level dari citra biner tersebut dapat dituliskan dengan algoritma dibawah ini:

```
level = 0.95 * mean(reshape(image, [], 1))/(255-0);
```

Gambar berikut merupakan contoh hasil perubahan citra RGB ke citra biner:



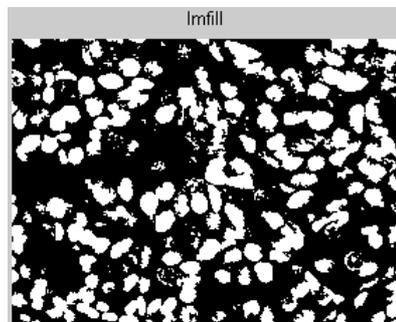
Gambar 5.9 contoh citra biner pada citra imunohistokimia C1.jpg

4.4.2 Mengisi lubang yang terdapat dalam sel

Operasi morfologi untuk mengisi lubang sel dilakukan untuk membuat sel pada citra biner terlihat penuh, dengan algoritma berikut:

```
image2 = imfill(image1, 'holes');
```

Gambar 3.12 merupakan citra biner setelah dilakukan operasi morfologi pengisian lubang sel:



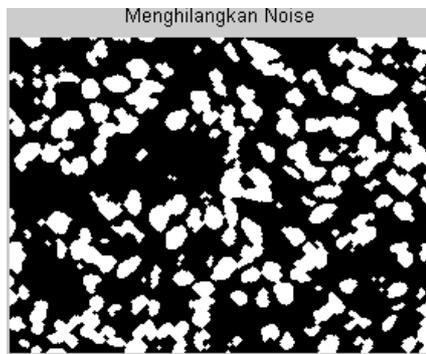
Gambar 5.10 contoh citra biner yang telah dilakukan pengisian lubang sel pada citra imunohistokimia C1.jpg

4.4.3 Operasi morfologi *Opening* dan *Closing* untuk menghilangkan *noise*.

Operasi morfologi *opening* diikuti dengan *closing* dilakukan untuk menghilangkan *noise*. Struktur elemen yang digunakan dalam kedua operasi morfologi ini adalah sama-sama berbentuk *disk* dengan ukuran 1. Adapun algoritma dari operasi ini, sebagai berikut:

```
se = strel('disk',1);
%operasi opening
I_opened = imopen(image2,se);
%operasi closing
closeBW = imclose(I_opened,se);
```

hasil dari operasi diatas dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5.11 contoh citra biner yang telah dilakukan penghilangan *noise* pada citra imunohistokimia C1.jpg

4.4.4 Operasi morfologi *Watershed* untuk memisahkan sel berdempet.

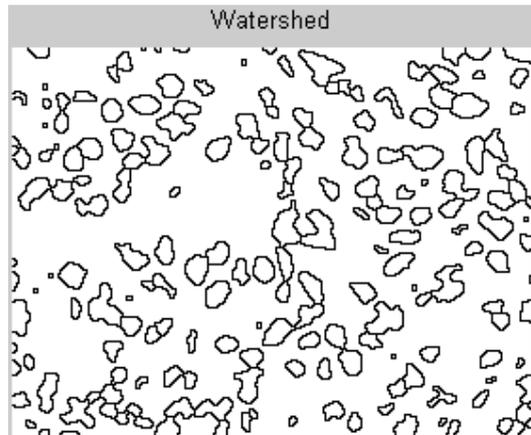
Pada operasi morfologi *watershed*, sel-sel yang berdempet kemudian dipisahkan. Adapun algoritma *watershed* yang digunakan, sebagai berikut:

1. Citra biner hasil penghilangan noise kemudian diambil dan dihitung jaraknya menggunakan rumus jarak Quasi-Euclidean.

$$\begin{aligned} &|x_1 - x_2| + (\sqrt{2} - 1)|y_1 - y_2|, |x_1 - x_2| > |y_1 - y_2| \\ &(\sqrt{2} - 1)|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|, otherwise \end{aligned} \dots\dots\dots 3.18$$

2. Transformasi jarak dikomplemenkan, dan piksel yang bukan bagian dari objek dirubah menjadi $-\text{inf}$.
3. Hitung transformasi *watershed* dengan 8 titik ketetanggaan.

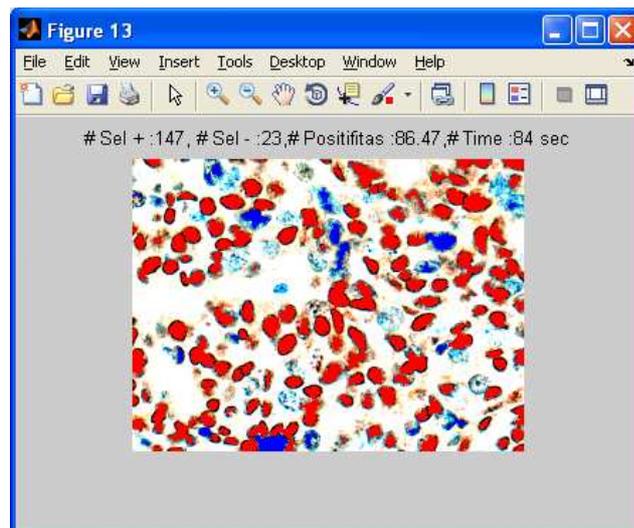
Gambar berikut merupakan contoh dari citra yang telah mengalami pemisahan sel dengan watershed:



Gambar 5.12 contoh watershed sel pada citra C1.jpg

4.5 Penentuan Antigen pada Citra Imunohistokimia

Suatu objek dikatakan sel apabila memiliki maksimal 500 piksel dan minimal 45 piksel. Citra hasil *watershed* kemudian dianalisis apakah melewati batas maksimum atau minimum sel, jika melewati batas yang ditentukan maka dianggap bukan sebagai sel, sebaliknya dinyatakan sel. Hasil analisis *watershed* yang telah ditentukan objek selnya kemudian dibandingkan dengan citra hasil ekstraksi fitur warna dengan fuzzy, untuk menentukan apakah sel tersebut merupakan sel positif atau sel negatif. Sel dikatakan positif apabila hasil klasifikasi fuzzynya dominan sel positif, demikian pula sebaliknya. Gambar 5.11 merupakan hasil penentuan antigen.



Gambar 5.13 contoh hasil penentuan antigen pada citra C1.jpg

Dari gambar hasil penentuan antigen dapat dilihat bahwa terdapat beberapa sel yang sebenarnya hanya berupa sebuah sel namun dibagi menjadi beberapa sel begitupula sebaliknya. Kesalahan ini diakibatkan kurang sempurnanya operasi morfologi dan *watershed*. Meskipun demikian secara keseluruhan metode usulan mampu mendeteksi sel positif dan negatif.

4.6 Hasil Perhitungan Penentuan Antigen pada Citra Imunohistokimia Dibandingkan Dengan Hasil Observasi dari Ahli.

Tabel 5.5 Hasil perhitungan antigen pada citra imunohistokimia

Citra	Hasil Penentuan Positifitas Antigen oleh Sistem Usulan							
	OS+	TP	FP	~P	OS-	TN	FN	~N
C1	150	140	40	10	18	12	6	6
C2	110	94	4	16	22	14	6	8
C3	114	109	5	5	15	11	14	4
C4	136	100	5	36	22	14	3	8
C5	122	116	11	6	24	11	1	23
C6	120	92	10	28	16	11	11	5
C7	119	93	6	26	18	12	5	6
C8	105	92	12	13	23	15	9	8
C9	118	97	8	21	24	11	8	13
C10	101	93	4	8	25	15	10	10
C11	117	85	5	32	29	15	9	14
C12	121	100	5	21	33	15	10	18
C13	97	93	7	4	18	13	7	5
Total Sel	1530	1304	122	226	287	169	99	128

OS + : Hasil observasi sel positif oleh ahli

OS - : Hasil observasi sel negatif oleh ahli

TP : *true positive* (jumlah sel positif yang benar terdeteksi oleh sistem usulan)

FP : *false positive* (jumlah sel positif yang salah terdeteksi oleh sistem usulan)

~P : *not positive* (jumlah sel positif yang tidak terdeteksi oleh sistem usulan)

TN : *true negative* (jumlah sel negatif yang benar terdeteksi oleh sistem usulan)

FN : *false negative* (jumlah sel negatif yang salah terdeteksi oleh sistem usulan)

~N : *not negative* (jumlah sel negatif yang tidak terdeteksi oleh sistem usulan)

4.7 Uji Diagnostik

Hasil dari penentuan positifitas antigen citra imunohistokimia kemudian dilakukan uji diagnostik untuk melihat sensitivitas dan spesifisitas sistem yang dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa akurat hasil yang didapatkan oleh sistem dalam penentuan antigen pada citra imunohistokimia. Semakin tinggi nilai sensitivitas dan spesifitas yang didapatkan (mendekati 1), maka semakin akurat hasil yang didapatkan oleh sistem. Dengan memasukan nilai TP, FP, TN dan FN dari 13 citra imunohistokimia pada tabel 5.6 dengan persamaan 3.1 dan 3.2, maka didapatkan nilai sensitivitas sebesar 0.9294 dan spesifisitas sebesar 0.5807. Dari hasil perhitungan sensitivitas dan spesifisitas menunjukkan bahwa sistem lebih baik dalam mendeteksi sel positif dibandingkan sel negatif, hal ini disebabkan terdapat warna sel negatif yang sangat lemah sehingga meskipun telah dilakukan operasi *image adjustment* bentuk sel negatif tersebut pada saat operasi morfologi tidak terdeteksi oleh sistem, sehingga pada penentuan antigen tidak dianggap sebagai sel. Berikut adalah tabel perbandingan *sensitivity* dan *specifisity* antara metode usulan dan metode WaFuMos.

Tabel 5.6. Perbandingan *sensitivity* dan *specifisity* antara metode usulan dan metode WaFuMos.

Citra	OS+	OS-	Metode Usulan				Metode WaFuMos			
			TP	FP	TN	FN	TP	FP	TN	FN
C1	150	18	140	40	12	6	146	31	0	0
C2	110	22	94	4	14	6	110	52	3	0
C3	114	15	109	5	11	14	114	27	10	0
C4	136	22	100	5	14	3	136	3	4	0
C5	122	24	116	11	11	1	118	12	1	0
C6	120	16	92	10	11	11	113	49	3	0
C7	119	18	93	6	12	5	116	48	3	0
C8	105	23	92	12	15	9	90	8	0	0
C9	118	24	97	8	11	8	88	8	4	2
C10	101	25	93	4	15	10	60	10	1	2
C11	117	29	85	5	15	9	72	7	7	0
C12	121	33	100	5	15	10	60	6	4	1
C13	97	18	93	7	13	7	60	8	2	0
Total Sel	1530	287	1304	122	169	99	1283	269	42	5
Sensitivity			0,9294				0,9961			
Specificity			0,5807				0,1350			

Dari tabel diatas hasil perhitungan *sensitivity* pada metode usulan lebih rendah dibandingkan dengan metode WaFuMos, meskipun TP yang didapatkan oleh metode usulan lebih tinggi. Hal ini dikarenakan jumlah sel negatif yang salah terdeteksi dengan metode WaFuMos sangat sedikit. Sehingga jika dimasukan kedalam rumus *sensitivity* hasil yang didapatkan menjadi lebih tinggi. Adapun untuk *specificity*, hasil yang didapatkan oleh metode usulan lebih tinggi dari metode WaFuMos. Hal ini selain dikarenakan jumlah TN yang terdeteksi lebih banyak, juga karena FP yang lebih sedikit dari yang didapatkan oleh metode WaFuMos. Hasil uji diagnostik yang paling baik adalah yang nilai *sensitivity* dan *specificity* mendekati nilai 1, oleh karena itu metode usulan masih jauh lebih baik dari metode WaFuMos.

BAB V

KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu prototype perangkat lunak dengan memperbaiki metode WaFuMos, sehingga hasil perhitungan prosentase sel positif dan negatif pada suatu paparan citra imunohistokimia menjadi lebih akurat. Perbaikan metode WaFuMos dilakukan dengan menambahkan algoritma pengaturan intensitas warna citra (*image adjustment*) untuk meningkatkan warna pada sel negatif lemah.

Algoritma metode usulan dapat dilakukan dengan beberapa langkah :

1. Praproses dilakukan dengan empat tahap :
 - 1.1. Ubah ukuran citra menjadi 394 x 550 piksel
 - 1.2. Sesuaikan warna citra dengan *image adjustment*
 - 1.3. Trasformasikan citra dengan wavelet Haar
 - 1.4. Ubah citra RGB ke model warna YCbCr
2. Ekstraks fitur warna dengan FIS Sugeno orde 1
3. Ekstrak bentuk dengan operasi morfologi dengan empat tahap :
 - 3.1. Ubah citra RGB ke model warna biner
 - 3.2. Isi lubang kosong pada sel
 - 3.3. Hilangkan *noise* pada citra
 - 3.4. Pisahkan sel yang bendempet
4. Tentukan positifitas antigen citra dengan membandingkan ukuran objek sel dengan ukuran maksimal dan minimal sel, dilanjutkan Tentukan sel yang dominan, apakah sel + atau negatif

Perbandingan antara hasil eksperimen metode usulan dan WaFuMos, menunjukkan bahwa metode usulan lebih baik dalam menentukan sel positif dan sel negatif seperti yang ditunjukkan oleh tabel 5.6. Hasil perhitungan *sensitivity* dan *spesificity* menunjukkan bahwa metode usulan lebih baik dari metode WaFuMos, karena memiliki nilai *sensitivity* dan *spesificity* yang mendekati 1, dimana metode usulan mendapatkan 0,9294 untuk *sensitivity* dan 0,5807 untuk *spesificity*.

5.2 Saran

Metode usulan telah mampu meningkatkan kinerja metode WaFuMos dalam menentukan positifitas antigen citra imunohistokimia dengan pulasan cokelat. Namun, masih perlu ditingkatkan lagi kinerjanya dengan melakukan pengembangan dan perbaikan metode. Untuk itu dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengatasi kekurangan dari metode usulan. Salah satu kajian yang bisa diteliti yaitu mencoba model warna yang lain, sehingga bentuk dari sel dapat lebih terangkat dan pemisahan sel dapat menjadi lebih baik lagi.

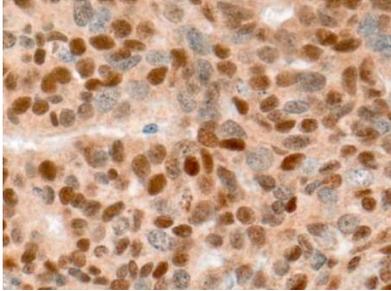
DAFTAR PUSTAKA

- C. Primkhajeepong, P. Phukpattaranont, S. Limsiroratana, P. Boonyaphiphat and K. Kayasut, 2010, "Performance Evaluation of Automated Algorithm for Breast Cancer Cell Counting," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, p. 637.
- Danial, T. A., 2010, *Peningkatan Kinerja Identifikasi Inti Sel Positif Pada Diagnosis Kanker Payudara dengan Metode Morfologi Fuzzy Berbasis Saturasi dan Filterisasi Hue*. Depok: Universitas Indonesia.
- Handayani L., 2011, *Ekstraksi Inti Sel Menggunakan FIS dan Morfologi untuk Penghitungan Positifitas Antigen Citra Imunohistokimia*. Depok: Universitas Indonesia.
- MD Thomas G. Tape. *Interpreting Diagnostic Tests*. [Online]. <http://gim.unmc.edu/dxtests/Default.htm>
- Naba, A., 2009, *Belajar cepat Fuzzy logic menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Darma Putra, 2010, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Offset.
- P. Phukpattaranont, P. Boonyaphiphat, 2006, *Segmentation of Cancer Cells in Microscopic Images using Neural Network and Mathematical Morphology*, in *SICE-ICASE International Joint Conference*, Bexco, Busan, Korea.
- Ramos-Vara, J. A., 2005, *Technical Aspects of Immunohistochemistry*, in *Veterinary Pathology Online*, pp. 405–426.
- Rohandi M., 2012, *Penerapan Transformasi Wavelet dan Perbaikan Sistem Inferensi Fuzzy Dalam Penentuan Positifitas Antigen Citra Imunohistokimia Non Negatif Dominan*, Depok, Universitas Indonesia.
- Wiwaha, B. A., 2009, *Segmentasi Citra Sel Positif Pulasan Imunohistokimia Pada Kanker Payudara Menggunakan Fuzzy Morphologi*. Depok: Universitas Indonesia.
- <http://www.mathworks.com/help/toolbox/images/ref/imadjust.html>, diakses tanggal 20 Februari 2012.

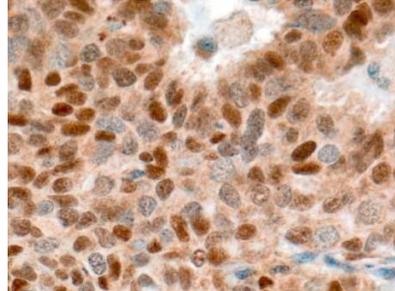
Lampiran A

Data Citra Imunohistokimia Penelitian

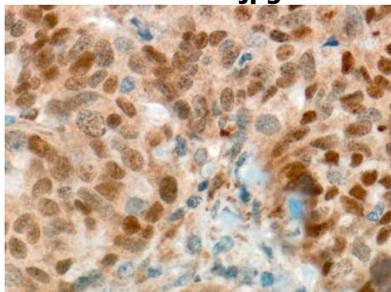
Citra C1.jpg



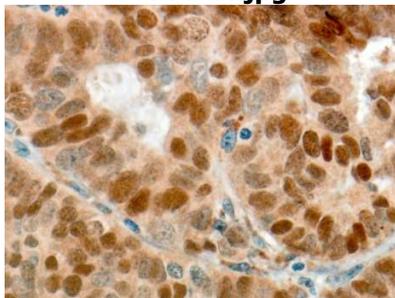
Citra C2.jpg



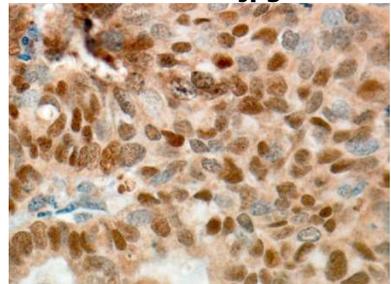
Citra C3.jpg



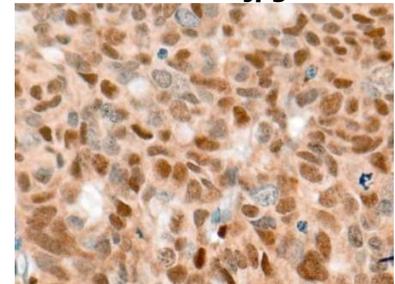
Citra C4.jpg



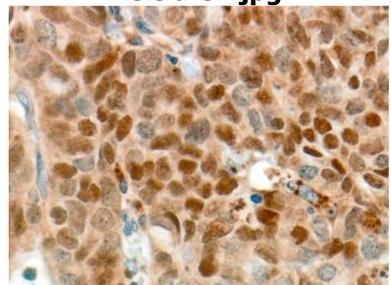
Citra C5.jpg



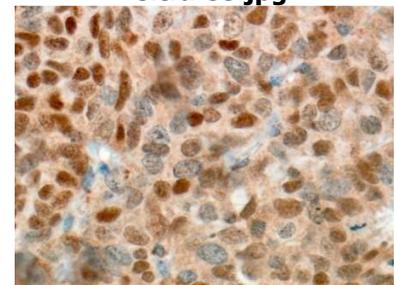
Citra C6.jpg



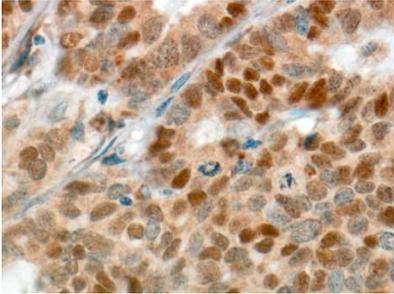
Citra C7.jpg



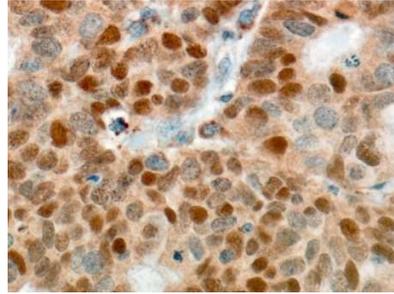
Citra C8.jpg



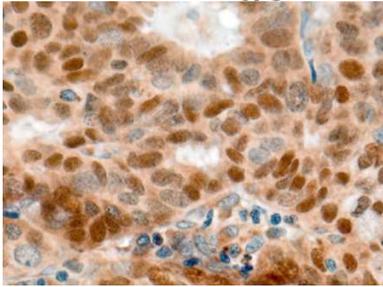
Citra C9.jpg



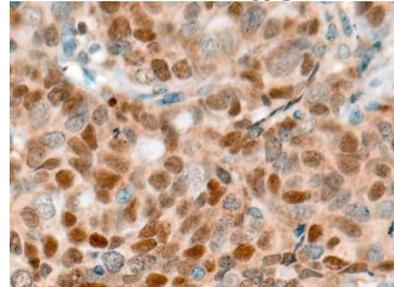
Citra C10.jpg



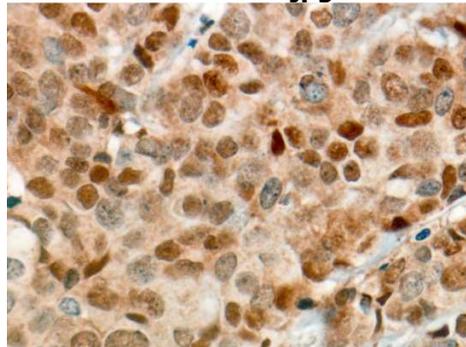
Citra C11.jpg



Citra C12.jpg

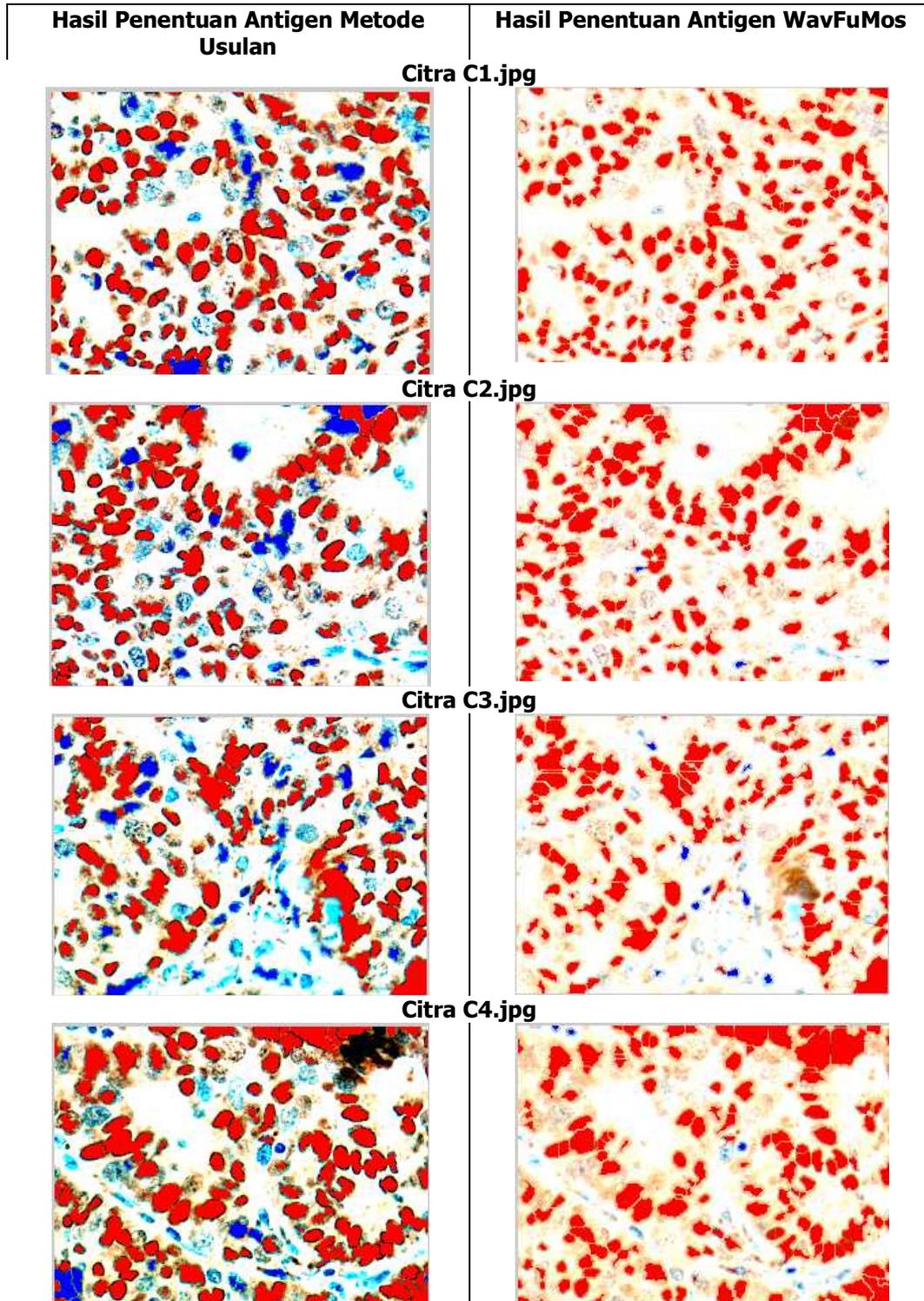


Citra C13.jpg

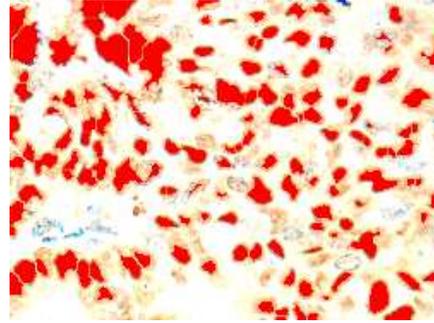
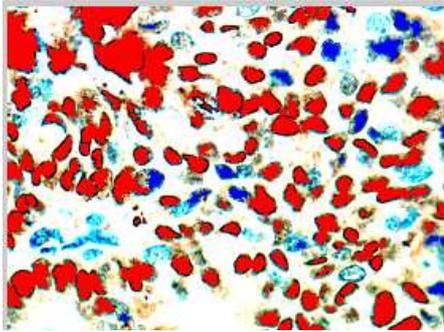


Lampiran B

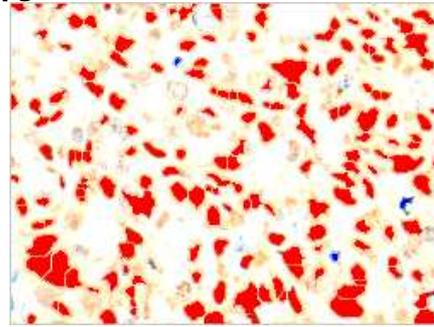
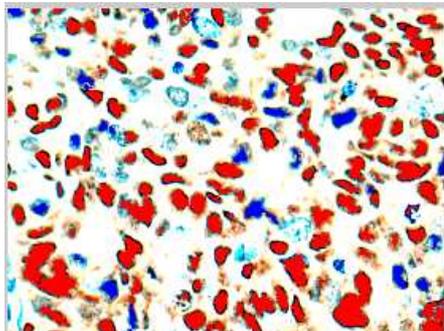
Perbandingan Hasil Penentuan Antigen Metode Usulan dan WaFuMos



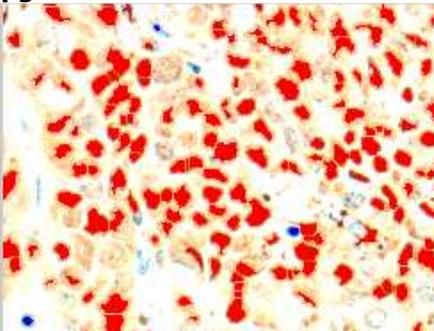
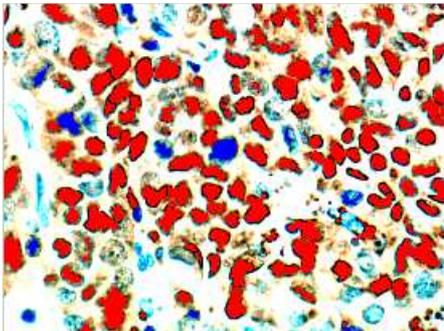
Citra C5.jpg



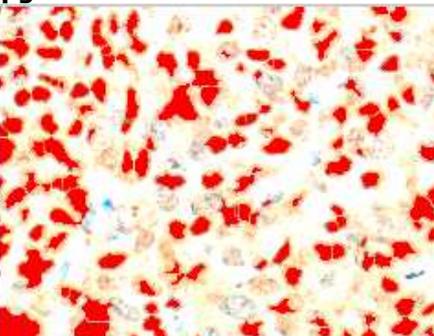
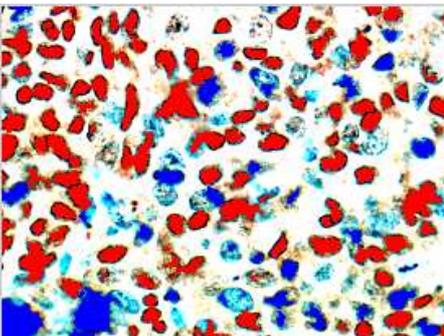
Citra C6.jpg



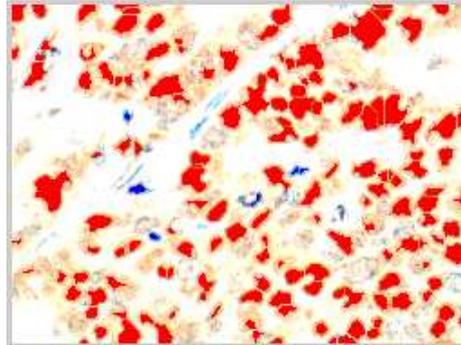
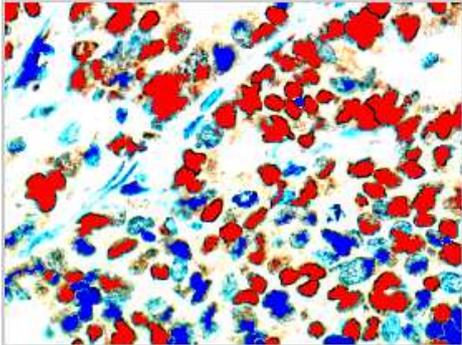
Citra C7.jpg



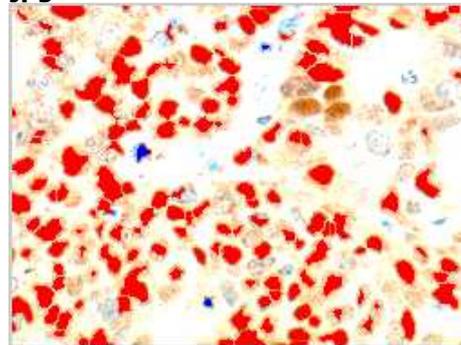
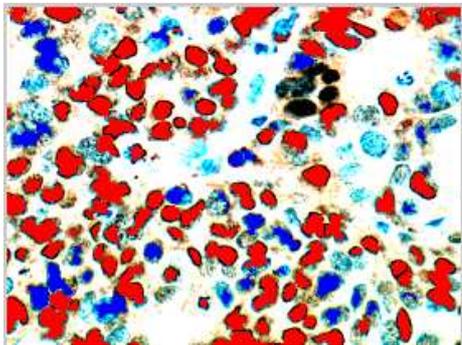
Citra C8.jpg



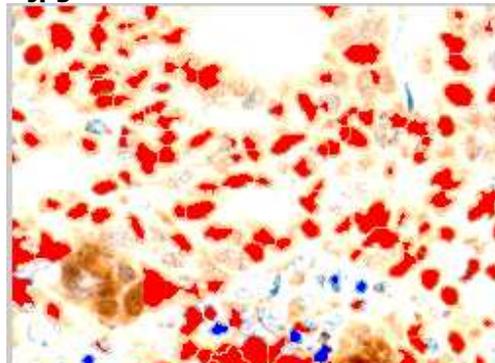
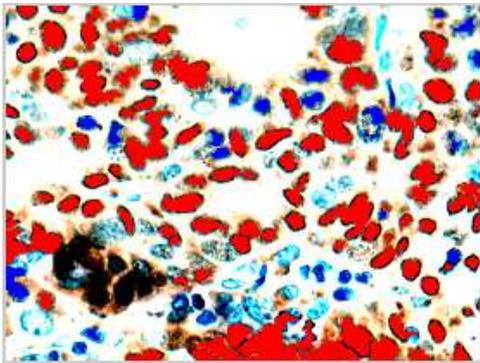
Citra C9.jpg



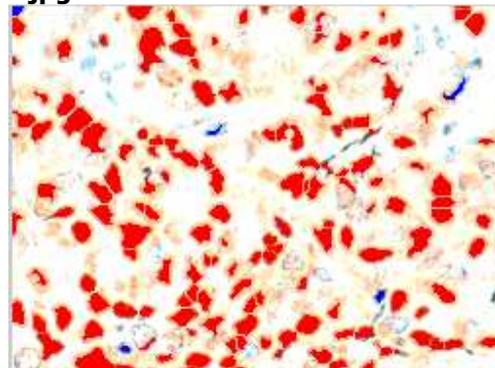
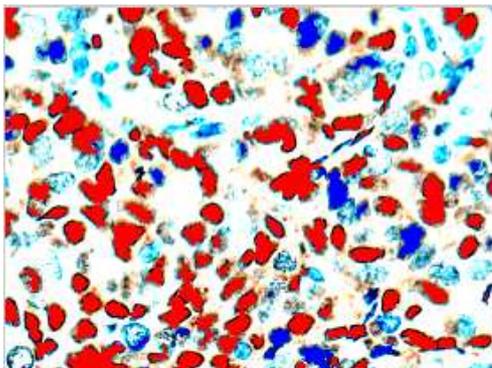
Citra C10.jpg



Citra C11.jpg



Citra C12.jpg



Citra C13.jpg

