

BAB III RANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan rancangan sistem aplikasi identifikasi wilayah bencana dan besarnya kerusakan. Selain itu bab ini juga menjelaskan rancangan antarmuka dan fitur-fitur apa saja yang ada pada aplikasi.

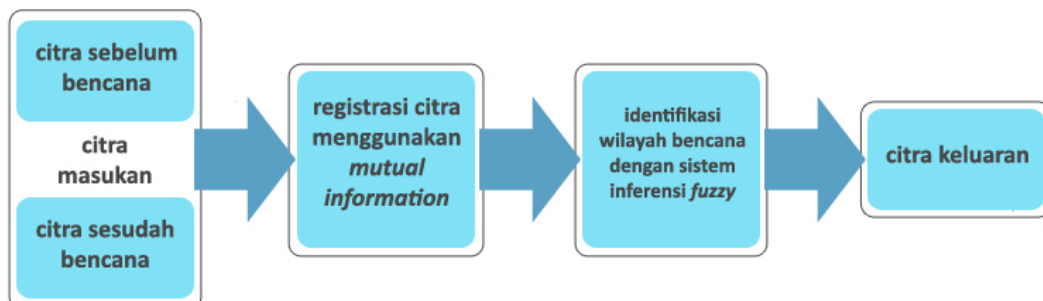
3.1 Spesifikasi Perangkat

Perangkat keras dan lunak yang digunakan baik dalam pengembangan maupun eksperimen adalah sebagai berikut:

- Perangkat keras
MacBook MB403ZP/A
Processor : Intel® Core™ 2 Duo @ 2.4 GHz
Memori : 2 GB
- Perangkat Lunak
Sistem operasi : Mac OS X 10.5.7
Perangkat lunak : Matlab R2007a

3.2 Alur dan Arsitektur Sistem

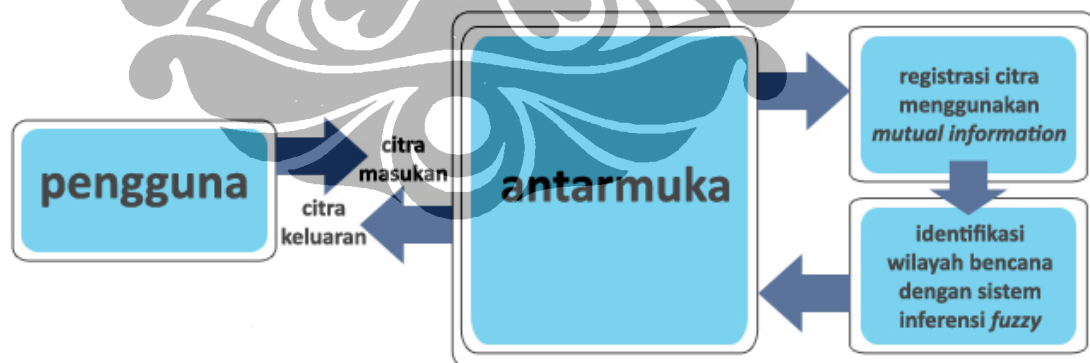
Dalam mengembangkan sistem identifikasi wilayah bencana dan deteksi kerusakan, peneliti merancang alur sistem secara umum sebagai berikut:



Gambar 20 Alur sistem secara umum

Secara garis besar alur sistem diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Sistem menggunakan dua citra satelit sebagai masukan, yaitu citra satelit sebelum terjadinya bencana dan citra satelit setelah terjadinya bencana.
2. Sistem akan melakukan registrasi citra dengan tujuan untuk menentukan piksel-piksel yang bersesuaian antara citra sebelum dan sesudah terjadinya bencana. Dalam sistem ini, registrasi citra menggunakan salah satu konsep teori informasi yaitu *mutual information*.
3. Setelah citra teregistrasi, kemudian sistem akan melakukan indentifikasi wilayah bencana dengan menggunakan sistem inferensi *fuzzy*. Dalam sistem ini, digunakan dua buah sistem inferensi *fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* yang pertama adalah untuk melakukan perbandingan perubahan nilai absolut RGB untuk setiap piksel pada citra sebelum dan sesudah bencana yang telah teregistrasi. Perbandingan perubahan nilai RGB ini ditujukan untuk mendeteksi perubahan wilayah setelah terjadinya bencana. Sistem inferensi *fuzzy* yang kedua adalah untuk melakukan pengambilan keputusan dari hasil perbandingan nilai RGB dalam menentukan definisi besarnya kerusakan pada wilayah bencana. Apakah kerusakan tersebut termasuk dalam definisi berat, sedang atau ringan.
4. Hasil keluaran sistem ini adalah citra yang telah teregistrasi dengan indentifikasi wilayah bencana ditunjukkan dengan warna yang berbeda untuk menggambarkan perbedaan besarnya kerusakan.



Gambar 21 Arsitektur sistem

Gambar 21 memberikan ilustrasi lebih lanjut tentang arsitektur yang menunjang sistem indentifikasi wilayah bencana dan deteksi kerusakan. Sistem ini mempunyai tiga buah sub-sistem yang berperan penting dalam membangun sistem secara keseluruhan.

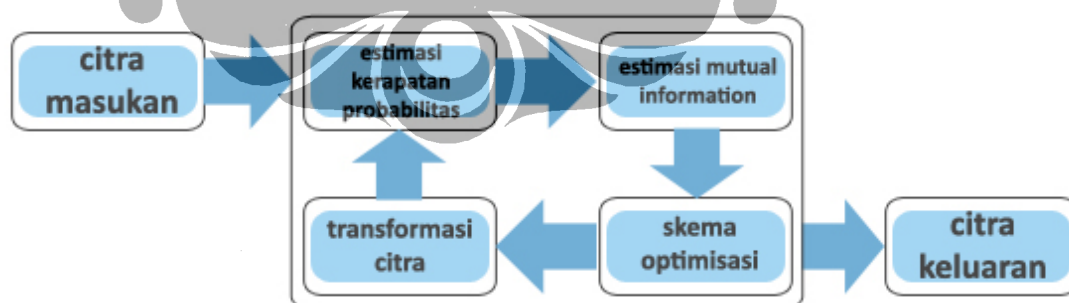
Ketiga sub-sistem tersebut adalah sub-sistem antarmuka, sub-sistem registrasi citra dengan menggunakan *mutual information*, dan sub-sistem identifikasi wilayah bencana dengan sistem inferensi *fuzzy*.

Sub-sistem antarmuka merupakan sub-sistem yang berfungsi sebagai media antarmuka antara pengguna dan sistem. Pada sub-sistem inilah citra masukan dimasukan ke sistem oleh pengguna dan citra keluaran ditampilkan.

Sub-sistem registrasi citra menggunakan *mutual information* berfungsi untuk menentukan pasangan piksel-piksel yang bersesuaian diantara kedua citra masukan. Proses registrasi citra digunakan untuk menangani masalah citra yang mempunyai perbedaan resolusi dan skala. Penggunaan konsep *mutual information* sendiri dilatarbelakangi oleh ide jika kedua citra serupa, maka *mutual information* kedua citra tersebut menjadi maksimal. Registrasi citra dengan menggunakan *mutual information* akan peneliti jelaskan lebih lanjut pada Bab IV.

Sub-sistem identifikasi wilayah bencana dengan sistem inferensi *fuzzy* berfungsi untuk melakukan deteksi perubahan wilayah setelah terjadinya bencana pada citra yang telah teregistrasi. Sub-sistem ini menggunakan dua sistem inferensi *fuzzy*, yaitu sistem inferensi *fuzzy* pembandingan dan sistem inferensi *fuzzy* pengambil keputusan.

3.3 Alur Registrasi Citra Menggunakan *Mutual Information*



Gambar 22 Alur registrasi citra menggunakan *mutual information*(Farmer)

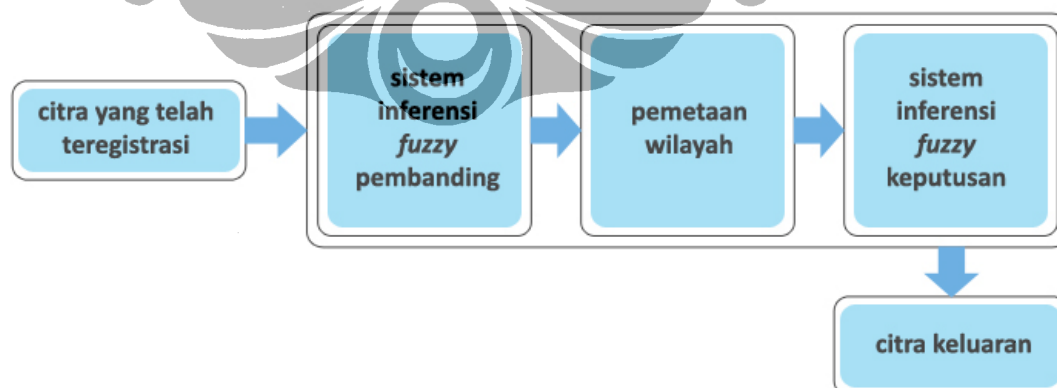
Alur registrasi citra menggunakan *mutual information* peneliti dapatkan dari beberapa sumber, diantaranya (Farmer), (Egnal & Daniilidis, 2000), (Gilles, 1996). Walaupun hanya (Farmer) saja yang memberikan gambaran secara eksplisit. Alur diatas

merupakan modifikasi alur registrasi citra yang dikemukakan oleh M. Farmer. Dalam alur registrasinya, Farmer memasukan satu tahap lain sebelum tahap estimasi kerapatan probabilitas, yaitu *image pre-processing*. Peneliti beranggapan bahwa citra penginderaan jauh tidak memerlukan *image pre-processing*, karena umumnya citra penginderaan jauh tidak terlalu banyak gangguan, seperti *noise*, sehingga tidak diperlukan prose peningkatan kualitas citra. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tahap *image pre-processing* tidak peneliti ikut sertakan dalam alur.

Secara garis besar alur registrasi citra menggunakan *mutual information* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Estimasi kerapatan probabilitas dilakukan untuk mendapatkan distribusi probabilitas dari suatu citra. Estimasi kerapatan probabilitas diperlukan untuk menghitung entropi citra masukan dan entropi bersama antara dua citra.
2. Setelah diperoleh nilai entropi dan entropi bersama antara dua citra, maka *mutual information* dapat dihitung berdasarkan formula yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.
3. Skema optimisasi dilakukan untuk memaksimalkan *mutual information* antara dua citra.
4. Transformasi citra dilakukan untuk mendapatkan posisi citra yang sesuai.

3.4 Alur Identifikasi Wilayah Bencana dan Deteksi Kerusakan dengan Sistem Inferensi Fuzzy



Gambar 23 Alur identifikasi wilayah bencana dengan sistem inferensi fuzzy

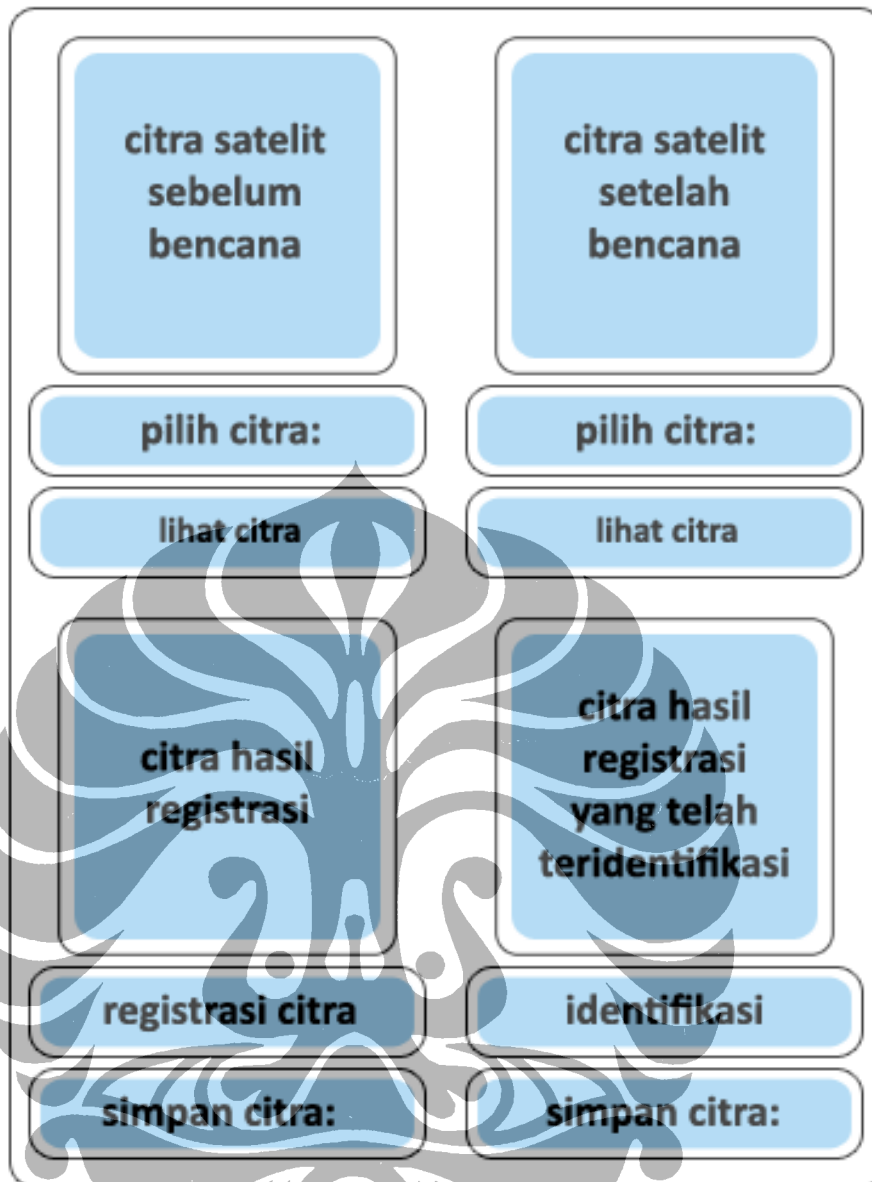
Secara garis besar alur identifikasi wilayah bencana dengan sistem inferensi *fuzzy* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Perbedaan nilai RGB untuk setiap piksel pada citra yang telah teregistrasi kemudian akan dihitung lebih lanjut dengan sistem inferensi *fuzzy* pembandingan. Apakah perbedaan nilai-nilai tersebut termasuk dalam definisi perubahan wilayah yang ringan, sedang, atau berat.
2. Pemetaan wilayah dilakukan berdasarkan hasil defuzzifikasi sistem inferensi *fuzzy*. Hasil defuzzifikasi, suatu nilai tunggal x , dibandingkan dengan suatu konstanta y , sehingga nantinya akan terbentuk suatu kelompok-kelompok wilayah. Setiap dari kelompok-kelompok wilayah ini akan diberikan warna yang berbeda sesuai dengan tingkat kerusakan wilayah tersebut. Apakah wilayah dengan tingkat kerusakan berat, sedang, atau ringan.
3. Setelah terbentuk kelompok-kelompok wilayah dengan tingkat kerusakan yang berbeda-beda, maka selanjutnya akan diputuskan dengan sistem inferensi *fuzzy* apakah bencana tersebut termasuk dalam bencana dengan tingkat kerusakan kecil, sedang, atau berat.

Identifikasi wilayah bencana dengan sistem inferensi *fuzzy* akan peneliti jelaskan lebih lanjut pada Bab V.

3.5 Perancangan Antarmuka Sistem

Perancangan antarmuka pengguna sistem ini menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) Matlab R2007a. Perancangan antarmuka ini ditujukan untuk memberikan kemudahan dan memfasilitasi pengguna dalam mengoperasikan sistem. Rancangan antarmuka dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24 Rancangan antarmuka sistem

BAB IV REGISTRASI CITRA MENGGUNAKAN KONSEP TEORI INFORMASI

Bab ini menjelaskan teknik registrasi citra dengan menggunakan konsep teori informasi yaitu *mutual information*. Selain itu bab ini juga menjelaskan lebih lanjut alur registrasi citra dengan *mutual information* telah disinggung pada bab sebelumnya.

4.1 Registrasi Citra Menggunakan *Mutual Information*

Saat ini registrasi citra adalah salah satu masalah yang paling menarik dalam dunia citra digital (Heldmann, Mahnke, Potts, Modersitzki, & Fischer). Banyak aplikasi pengolahan citra memerlukan proses registrasi, diantaranya adalah aplikasi kedokteran, penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (Egnal & Daniilidis, 2000). Registrasi citra adalah proses menentukan transformasi T yang memberikan hasil paling akurat dalam mencocokkan dua citra, citra A dan citra B , atau lebih, dimana citra-citra tersebut sekiranya adalah objek yang sama atau serupa tetapi dihasilkan dari sensor yang berbeda atau sensor yang sama tetapi dalam waktu yang berbeda (Du, Zhou, Wang, Yang, & Liu, 2006). Suatu citra dapat diumpamakan sebagai pemetaan titik-titik dalam batas pengelihatian atau domain, Ω , kedalam suatu nilai dengan intensitas tertentu (Wilkie, 2005).

$$A : x_A \in \Omega_A \rightarrow A(x_A)$$

$$B : x_B \in \Omega_B \rightarrow B(x_B)$$

Dalam penelitian ini, registrasi citra lebih mengarah kedalam aplikasi penginderaan jauh.

Dalam lingkup penginderaan jauh, masalah registrasi citra mencakup kedalam tiga hal. Pertama, data penginderaan jauh umumnya sangat besar, sebagai contoh *Earth Observing System* menghasilkan data penginderaan jauh mendekati 1 terrabyte untuk

setiap harinya. Kedua, adanya perkembangan platform penginderaan jauh menyebabkan citra penginderaan jauh umumnya memiliki perbedaan resolusi spasial ketika secara terus-menerus mengamati objek yang sama. Ketiga, algoritma registrasi citra dalam penginderaan jauh harus dapat secepat mungkin dan sepenuhnya otomatis (Du, Zhou, Wang, Yang, & Liu, 2006). Algoritma baru dalam menangani masalah registrasi citra telah banyak bermunculan. Salah satunya adalah berdasarkan konsep teori informasi dalam bentuk *mutual information*. Viola dan Wells, Collignon, Maes, Delaere, Vandermeulen dan Marchal telah mengembangkan metode ini secara terpisah pada tahun 1995 (Egnal & Daniilidis, 2000).

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, pada penelitian ini, alur registrasi citra menggunakan *mutual information* meliputi, estimasi kerapatan probabilitas, estimasi *mutual information*, optimisasi *mutual information*, dan transformasi citra.

4.2 Estimasi Kerapatan Probabilitas

Dalam bentuk matematika, intensitas citra X dapat ditampilkan sebagai matriks nilai-nilai intensitasnya. Jika suatu citra memiliki n buah piksel, maka nilai-nilai intensitasnya adalah nilai *grayscale* diskrit, dimana $\chi = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $N = 2^n$. Histogram suatu citra dapat dibentuk dengan melihat nilai intensitas di setiap piksel dan menghitung jumlah kemunculan nilai intensitas tersebut. Membagi histogram kemunculan nilai-nilai intensitas dengan jumlah total piksel dalam suatu citra memberikan frekuensi kemunculan setiap nilai intensitas. Normalisasi histogram dengan cara ini memberikan estimasi fungsi distribusi probabilitas dari nilai intensitas suatu citra (Wilkie, 2005).

Diberikan suatu citra X , dan simbol p yang menunjukkan fungsi distribusi probabilitas dari nilai intensitas yang bersesuaian, dimana $p(x) = p(X_{i,j} = x)$, untuk $x \in \chi$ dan $X_{i,j}$ adalah piksel dalam citra X . Hasil dari normalisasi histogram adalah $\sum_x p(x) = 1$.

Dalam statistika, fungsi p umumnya menunjukkan fungsi kerapatan probabilitas (Wilkie, 2005).

Dalam teori informasi, anggap citra X adalah suatu kumpulan dari observasi independen variabel acak. Sehingga X merepresentasikan baik citra dan variabel acak yang menentukan citra. Pada citra, variabel acak X adalah pemetaan identitas, dimana $X(x_i) = x_i$ untuk $x_i \in \chi$. Lebih lanjut, karena ruang sampel χ hanya terdiri dari nilai-nilai diskrit saja, maka variabel acak X juga diskrit (Wilkie, 2005). Pada penelitian ini, estimasi kerapatan probabilitas menggunakan *histogramming*. Hal ini dikarenakan variabel acak X diskrit maka estimasi kerapatan probabilitas yang paling sesuai adalah *histogramming*.

Entropi bersama antara dua citra diperoleh dari pembentukan histogram bersama antara dua citra. Histogram bersama antara dua citra dibentuk dari citra X dan Y dengan menghitung jumlah kemunculan pasangan piksel (x,y) yang bersesuaian dengan pasangan piksel $(X_{i,j}, Y_{i,j})$. Normalisasi histogram bersama memberikan estimasi distribusi probabilitas bersama r , dimana $r(x,y) = p(X_{i,j} = x, Y_{i,j} = y)$. Hasil dari normalisasi histogram bersama adalah $\sum_x \sum_y r(x,y) = 1$ (Wilkie, 2005).

Histogramming dalam penelitian ini menggunakan 256 bin/kotak. Jumlah kotak/bin ini merepresentasikan jumlah intensitas warna tingkat keabuan suatu citra. Dalam menentukan estimasi kerapatan probabilitas, citra RGB dikonversi dahulu menjadi citra *grayscale*. Hal ini karena *histogramming* tidak bisa diterapkan untuk citra RGB. Salah satu solusi adalah dengan membentuk histogram untuk setiap indeks RED, indeks GREEN dan indeks BLUE. Tetapi pembentukan histogram untuk tiap indeks nantinya akan terbentur dalam proses penentuan entropi dan entropi bersama suatu citra. Sehingga untuk saat ini, konversi citra RGB ke citra *grayscale* tampaknya adalah satu-satunya solusi.

Algoritma yang digunakan dalam *histogramming* adalah sebagai berikut:

```
[M,N]=size(image)
N=256
hxy=size(N,N)
hx=size(1,N)
hy=size(1,N)
```

```

FOR i=1:M
  FOR j=1:N
    hxy(A(i,j), B(i,j)) = hxy(A(i,j), B(i, j)) + 1
    hx(A(i,j)) = hx(A(i, j)) + 1
    hy(B(i, j)) = hy(B(i, j)) + 1
  END
END
END

```

4.3 Estimasi *Mutual Information*

Estimasi *mutual information* dilakukan dengan menghitung entropi citra masukan, untuk penelitian ini citra masukan adalah citra sebelum dan sesudah bencana, dan entropi bersama antara dua citra masukan. Estimasi fungsi kerapatan probabilitas telah diperoleh melalui *histogramming*. Sehingga nilai entropi citra masukan dan entropi bersama antara dua citra dapat diketahui. *Mutual information* diperoleh dengan menerapkan formula yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, yaitu

$$I(X;Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y)$$

Algoritma yang digunakan dalam menghitung *mutual information* adalah sebagai berikut:

```

p_hxy = hxy/sum(sum(hxy))
p_hx = hx/sum(hx)
p_hy = hy/sum(hy)

Hxy = -(SUM(p_hxy * log(phxy)))
Hx = -(SUM(p_hx * log(p_hx)))
Hy = -(SUM(p_hy * log(p_hy)))

MI = Hx + Hy - Hxy

```

4.4 Optimisasi *Mutual Information*

Metode Powell digunakan untuk memaksimalkan fungsi banyak dimensi dengan memecah transformasi dan mencari sepanjang satu baris dimensi. Misalnya untuk transformasi T dengan enam dimensi, metode Powell akan mencari himpunan arah untuk melakukan optimisasi dan memperoleh nilai optimum untuk setiap dimensi transformasi disepanjang satu baris dimensi. Himpunan dari baris satu dimensi/arah ini dinamakan himpunan arah (Egnal & Daniilidis, 2000).

Pemilihan metode Powell sebagai metode dalam optimisasi didasarkan pada estimasi kerapatan probabilitas yang digunakan. Baik dalam menentukan estimasi kerapatan probabilitas maupun metode optimisasi, peneliti mengacu pada (Egnal & Daniilidis, 2000), (Viola & Wells III, 1997), dan (Maes, Collignon, Vandermeulen, Marchal, & Suetens, 1997). *Viola, et al* menggunakan *parzen-window* untuk estimasi kerapatan probabilitas. *Parzen-window* memungkinkan memberikan hasil fungsi estimasi kerapatan probabilitas yang kontinu, sehingga metode optimisasi yang digunakan adalah melakukan penurunan fungsi sehingga nantinya didapatkan nilai maksimum dari *mutual information*. Sedangkan *Collignon, et al* menggunakan *histogramming* dalam estimasi kerapatan probabilitas. *Histogramming* tidak bersifat kontinu, sehingga metode optimisasi dengan penurunan fungsi tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, digunakanlah metode Powell.

4.5 Transformasi Citra

Transformasi citra dilakukan untuk mendapatkan posisi yang sesuai dengan citra acuan. Keluaran proses optimisasi *mutual information* adalah perpindahan arah vertikal, perpindahan arah horizontal dan besarnya sudut perputaran. Kemudian hasil keluaran inilah yang menjadi acuan dalam melakukan transformasi citra. Dalam penelitian ini, proses transformasi citra terkait dengan dilatasi dan rotasi.

BAB V IDENTIFIKASI WILAYAH BENCANA DAN INFORMASI BESARNYA KERUSAKAN DENGAN SISTEM INFERENSI *FUZZY*

Bab ini menjelaskan penerapan sistem inferensi *fuzzy* dalam mengidentifikasi wilayah bencana dan deteksi kerusakan. Selain itu bab ini juga menjelaskan lebih mendalam alur sistem identifikasi wilayah bencana dan deteksi kerusakan dengan sistem inferensi *fuzzy* yang telah disinggung pada bab sebelumnya.

5.1 Sistem Inferensi *Fuzzy* Deteksi Perubahan Wilayah

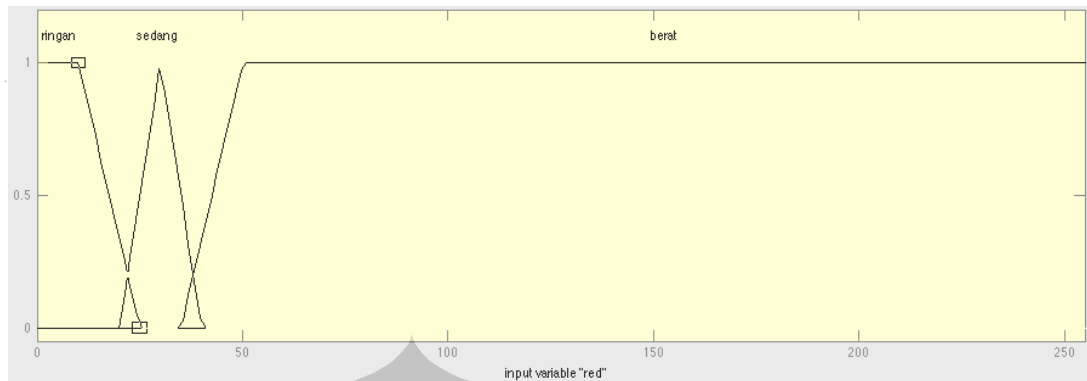
Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, deteksi perubahan wilayah dilakukan dengan menghitung perbedaan intensitas piksel-piksel yang bersesuaian antara dua citra. Besarnya perbedaan intensitas antara dua piksel yang bersesuaian ditandai dengan besarnya perbedaan nilai RED-GREEN-BLUE (RGB) pada piksel-piksel tersebut. Registrasi citra sangat diperlukan dalam proses ini. Registrasi citra berperan penting dalam memetakan satu citra ke citra lainnya sehingga diperoleh suatu bentuk citra yang memenuhi kriteria tertentu. Dalam penelitian ini, kriteria tersebut adalah jika dua citra serupa, maka *mutual information* antar dua citra tersebut maksimal.

Sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah tidak terlepas dari himpunan *fuzzy* dan aturan IF-THEN yang berperan penting dalam membangun sistem. Himpunan *fuzzy* dan aturan IF-THEN sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah akan dijelaskan lebih lanjut pada sub-bab selanjutnya.

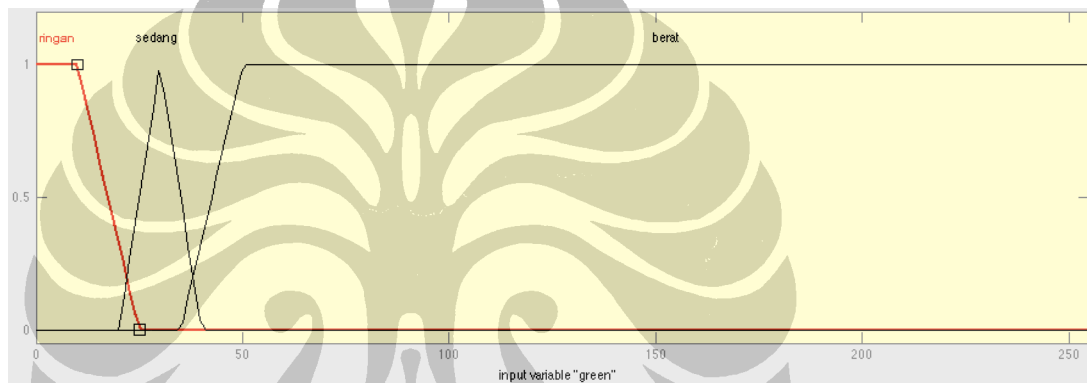
5.1.1 Himpunan *Fuzzy* dan Fungsi Keanggotaan Sistem Inferensi *Fuzzy* Deteksi Perubahan Wilayah

Himpunan *fuzzy* pada sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah meliputi himpunan *fuzzy* RED, himpunan *fuzzy* GREEN, dan himpunan *fuzzy* BLUE sebagai premis aturan IF-THEN dan himpunan *fuzzy* perubahan sebagai kesimpulan aturan IF-THEN. Ketiga himpunan *fuzzy* pada premis aturan IF-THEN ini merepresentasikan indeks RED, GREEN, BLUE (RGB) dari suatu citra. Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* berperan dalam menangani apakah perbedaan nilai RGB setiap piksel

termasuk dalam perubahan wilayah yang ringan, sedang, atau berat. Lebih lanjut, fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan *fuzzy* terlihat pada Gambar 25, 26, 27 dan Gambar 28 berikut ini.



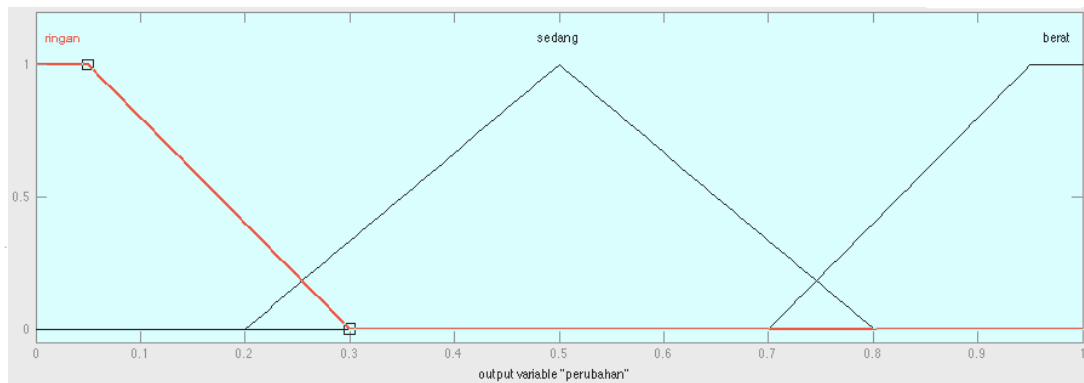
Gambar 25 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* RED



Gambar 26 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* GREEN



Gambar 27 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* BLUE



Gambar 28 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* perubahan

5.1.2 Implementasi Aturan IF-THEN Sistem Inferensi *Fuzzy* Deteksi Perubahan

Wilayah

Aturan IF-THEN berperan dalam memetakan nilai dari suatu fungsi keanggotaan ke fungsi keanggotaan lain. Jika pada aturan IF-THEN memiliki banyak premis maka digunakan operator (AND atau OR) untuk mendapatkan nilai tunggal sebagai representasi hasil evaluasi premis. Aturan IF-THEN sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah mempunyai tiga buah premis dan satu buah kesimpulan. Tiga buah premis tersebut adalah himpunan *fuzzy* RED, himpunan *fuzzy* GREEN dan himpunan *fuzzy* BLUE. Sedangkan himpunan *fuzzy* perubahan sebagai kesimpulan. Baik himpunan *fuzzy* RED, GREEN maupun himpunan *fuzzy* BLUE memiliki fungsi keanggotaan RINGAN, SEDANG dan BERAT. Sedangkan himpunan *fuzzy* PERUBAHAN memiliki fungsi keanggotaan RINGAN, SEDANG dan BERAT. Aturan IF-THEN yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Aturan IF-THEN #1: if RED is RINGAN AND GREEN is RINGAN AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is RINGAN

Aturan IF-THEN #2: if RED is RINGAN AND GREEN is RINGAN AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #3: if RED is RINGAN AND GREEN is RINGAN AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #4: if RED is RINGAN AND GREEN is SEDANG AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #5: if RED is RINGAN AND GREEN is SEDANG AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #6: if RED is RINGAN AND GREEN is SEDANG AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #7: if RED is RINGAN AND GREEN is BERAT AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #8: if RED is RINGAN AND GREEN is BERAT AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #9: if RED is RINGAN AND GREEN is BERAT AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #10: if RED is SEDANG AND GREEN is RINGAN AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #11: if RED is SEDANG AND GREEN is RINGAN AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #12: if RED is SEDANG AND GREEN is RINGAN AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #13: if RED is SEDANG AND GREEN is SEDANG AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #14: if RED is SEDANG AND GREEN is SEDANG AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #15: if RED is SEDANG AND GREEN is SEDANG AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #16: if RED is SEDANG AND GREEN is BERAT AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #17: if RED is SEDANG AND GREEN is BERAT AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #18: if RED is SEDANG AND GREEN is BERAT AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #19: if RED is BERAT AND GREEN is RINGAN AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #20: if RED is BERAT AND GREEN is RINGAN AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #21: if RED is BERAT AND GREEN is RINGAN AND BLUE

is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #22: if RED is BERAT AND GREEN is SEDANG AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #23: if RED is BERAT AND GREEN is SEDANG AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #24: if RED is BERAT AND GREEN is SEDANG AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #25: if RED is BERAT AND GREEN is BERAT AND BLUE is RINGAN then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #26: if RED is BERAT AND GREEN is BERAT AND BLUE is SEDANG then PERUBAHAN is BERAT

Aturan IF-THEN #27: if RED is BERAT AND GREEN is BERAT AND BLUE is BERAT then PERUBAHAN is BERAT

Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode centroid/*Center of Gravity* (CoG). Solusi dari penerapan metode ini diperoleh dengan mengambil titik pusat massa daerah *fuzzy* yang merupakan daerah unifikasi nilai-nilai tunggal hasil aturan IF-THEN. Secara matematis *Center of Gravity* (CoG) dituliskan sebagai berikut (Widyanto, 2008):

$$\text{COG} = \frac{\int_a^b \mu_A(x)x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx}$$

Keuntungan dengan menggunakan metode ini adalah (Widyanto, 2008):

- Nilai defuzzifikasi akan bergerak secara halus sehingga pergerakan dari topologi ke topologi yang lain akan berubah dengan teratur
- Mudah untuk dilakukan penghitungan

Algoritma yang digunakan untuk deteksi perubahan wilayah dengan sistem inferensi *fuzzy* adalah sebagai berikut:

```
DIFF = abs(double(preImage) – double(postImage))
```



```

FOR i=1:ResolusiCitra
  FOR j=1:ResolusiCitra
    DO EvaluationFIS([DIFF(:,,1); DIFF(:,,2); DIFF(:,,3)], FIS-DETECTION())
  END FOR
END FOR

```

5.2 Pemetaan Wilayah

Pemetaan wilayah berperan dalam mengelompokkan wilayah-wilayah berdasarkan tingkat kerusakannya. Dalam memetakan wilayah, nilai tunggal hasil defuzzifikasi sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah dibandingkan dengan konstanta X, sehingga nantinya akan didapatkan cakupan wilayah-wilayah dengan tingkat kerusakan tertentu. Penelitian ini hanya sebatas menggunakan tiga warna sebagai penanda wilayah dengan tiga kemungkinan tingkat kerusakan, yaitu warna merah untuk tingkat kerusakan berat, warna biru untuk tingkat kerusakan sedang, dan warna hijau untuk tingkat kerusakan ringan.

Algoritma yang digunakan dalam pemetaan wilayah ini adalah sebagai berikut:

```

DEFUZZ = EvaluationFIS([DIFF(:,,1); DIFF(:,,2); DIFF(:,,3)], FIS-
DETECTION())
FOR i=1:ResolusiCitra
  FOR j=1:ResolusiCitra
    IF DEFUZZ = 0
      TIDAK ADA PERUBAHAN WILAYAH
      TETAP++
    ELSE IF DEFUZZ < 0,25
      PERUBAHAN WILAYAH RINGAN
      RINGAN++
      DO PemetaanWilayah(GREEN)
    ELSE IF DEFUZZ < 0,75
      PERUBAHAN WILAYAH SEDANG

```

```

SEDANG++
DO PemetaanWilayah(BLUE)
ELSE
PERUBAHAN WILAYAH BERAT
BERAT++
DO PemetaanWilayah(RED)
END IF
END FOR
END FOR

```

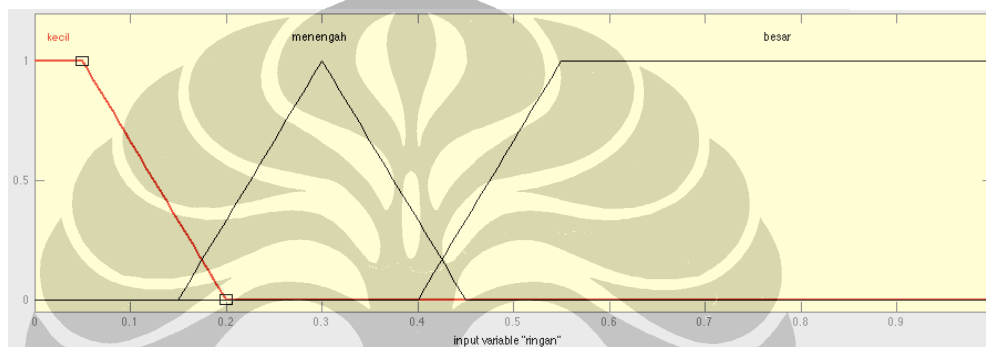
5.3 Sistem Inferensi *Fuzzy* Pengambilan Keputusan

Sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan ditujukan untuk memberikan informasi besarnya kerusakan secara keseluruhan pada suatu wilayah bencana. Penggunaan logika *fuzzy* disini adalah untuk menangani definisi yang ambigu tentang tingkat kerusakan ringan, sedang atau tingkat kerusakan berat. Sistem inferensi *fuzzy* ini mengambil nilai dari proses *increment* variabel tetap, ringan, sedang, dan berat ketika terjadi proses pemetaan wilayah. Variabel tetap menandai wilayah yang tidak terjadi perubahan, variabel ringan menandai wilayah dengan tingkat perubahan ringan, variabel sedang dan berat berturut-turut menandai wilayah dengan tingkat perubahan sedang dan berat. Pengambilan keputusan dilakukan dengan membandingkan nilai tunggal hasil defuzzifikasi sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan dengan konstanta X sehingga nantinya diperoleh suatu keputusan yang terkait dengan tingkat kerusakan suatu wilayah bencana secara keseluruhan.

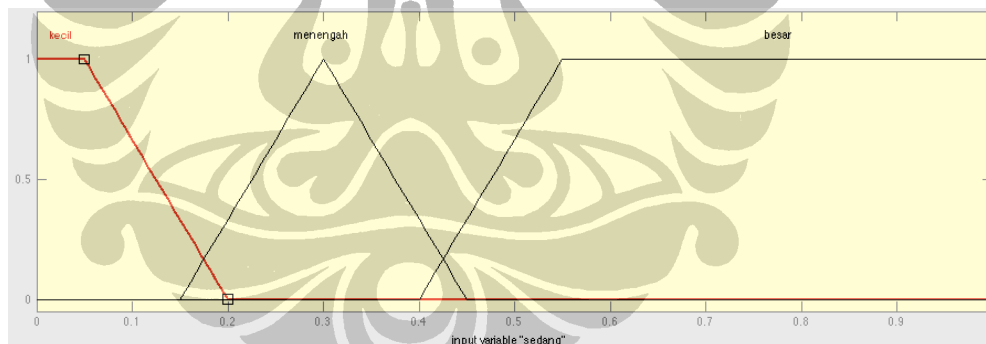
Seperti halnya sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah, sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan juga tidak terlepas dari himpunan *fuzzy* dan aturan IF-THEN. Himpunan *fuzzy* dan aturan IF-THEN sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan akan dijelaskan lebih lanjut pada sub-bab selanjutnya.

5.3.1 Himpunan *Fuzzy* dan Fungsi Keanggotaan Sistem Inferensi *Fuzzy* Pengambilan Keputusan

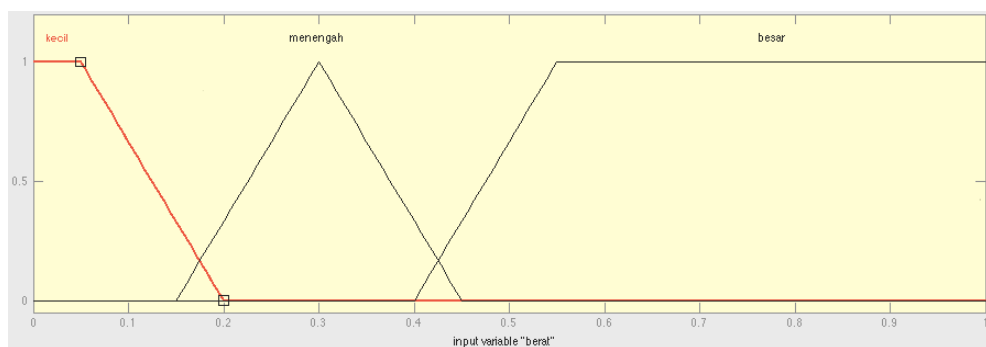
Himpunan *fuzzy* sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan meliputi himpunan *fuzzy* RINGAN, himpunan *fuzzy* SEDANG, dan himpunan *fuzzy* BERAT sebagai premis aturan IF-THEN dan himpunan *fuzzy* KEPUTUSAN sebagai kesimpulan aturan IF-THEN. Ketiga himpunan *fuzzy* RINGAN, SEDANG dan BERAT merepresentasikan tingkat kerusakan suatu wilayah yang diakibatkan oleh bencana. Tingkat kerusakan tersebut apakah termasuk dalam skala kecil, menengah, atau besar. Lebih lanjut, fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* tersebut dapat dilihat pada Gambar 29, 30, 31, dan Gambar 32.



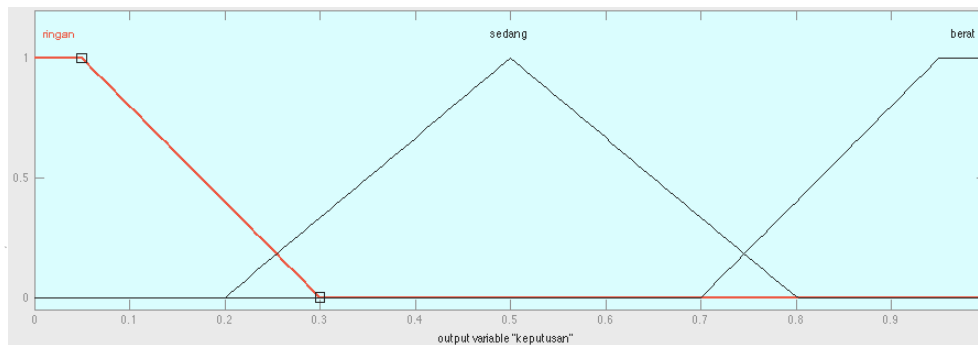
Gambar 29 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* RINGAN



Gambar 30 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEDANG



Gambar 31 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* BERAT



Gambar 32 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* KEPUTUSAN

5.3.2 Implementasi Aturan IF-THEN Sistem Inferensi *Fuzzy* Pengambilan Keputusan

Aturan IF-THEN sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan mempunyai tiga buah himpunan *fuzzy* sebagai premis dan sebuah himpunan *fuzzy* sebagai kesimpulan. Ketiga premis tersebut adalah himpunan *fuzzy* RINGAN, himpunan *fuzzy* SEDANG, dan himpunan *fuzzy* BERAT. Sedangkan kesimpulan adalah himpunan *fuzzy* KEPUTUSAN. Baik himpunan *fuzzy* RINGAN, SEDANG maupun himpunan *fuzzy* BERAT memiliki fungsi keanggotaan KECIL, MENENGAH dan BESAR. Sedangkan himpunan *fuzzy* KEPUTUSAN memiliki fungsi keanggotaan RINGAN, SEDANG, dan BERAT.

Seperti halnya pada sistem inferensi *fuzzy* deteksi perubahan wilayah, sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan juga menerapkan metode *centroid* untuk proses defuzzifikasi. Lain dari itu, hanya aturan IF-THEN saja yang berbeda. Aturan IF-THEN yang digunakan dalam sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

Aturan IF-THEN #1: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is KECIL AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is RINGAN

Aturan IF-THEN #2: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is KECIL AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #3: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is KECIL AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #4: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is MENENGAH

AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #5: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #6: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #7: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is BESAR AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #8: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is BESAR AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #9: if RINGAN is KECIL AND SEDANG is BESAR AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #10: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is KECIL AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is RINGAN

Aturan IF-THEN #11: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is KECIL AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #12: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is KECIL AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #13: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #14: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #15: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #16: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is BESAR AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #17: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is BESAR AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #18: if RINGAN is MENENGAH AND SEDANG is BESAR AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #19: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is KECIL AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is RINGAN

Aturan IF-THEN #20: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is KECIL AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #21: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is KECIL AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #22: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #23: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #24: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is MENENGAH AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #25: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is BESAR AND BERAT is KECIL THEN KEPUTUSAN is SEDANG

Aturan IF-THEN #26: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is BESAR AND BERAT is MENENGAH THEN KEPUTUSAN is BERAT

Aturan IF-THEN #27: if RINGAN is BESAR AND SEDANG is BESAR AND BERAT is BESAR THEN KEPUTUSAN is BERAT

Algoritma yang digunakan untuk informasi besarnya kerusakan dengan sistem inferensi *fuzzy* pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

TETAP = TETAP/(TETAP+RINGAN+SEDANG+BERAT)
 RINGAN = RINGAN/(TETAP+RINGAN+SEDANG+BERAT)
 SEDANG = SEDANG/(TETAP+RINGAN+SEDANG+BERAT)
 BERAT = BERAT/(TETAP+RINGAN+SEDANG+BERAT)

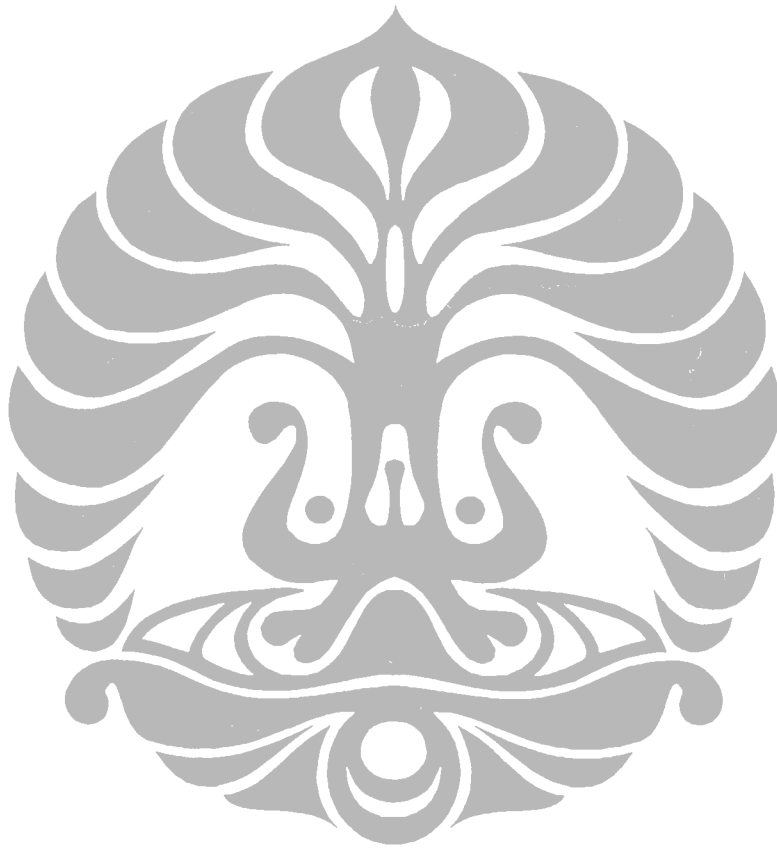
KEPUTUSAN = EvaluationFIS((RINGAN; SEDANG; BERAT), FIS-
 DECISION())

IF KEPUTUSAN <= 0,25
 TINGKAT KERUSAKAN RINGAN
 ELSE IF KEPUTUSAN <=0,75
 TINGKAT KERUSAKAN SEDANG

```
ELSE
```

```
    TINGKAT KERUSAKAN BERAT
```

```
END IF
```



BAB VI EKSPERIMEN DAN ANALISIS HASIL EKSPERIMEN

Bab ini menjelaskan tentang proses eksperimen. Selanjutnya dilakukan proses analisis terhadap hasil eksperimen.

6.1 Data Eksperimen

Pada penelitian ini, peneliti mendapatkan data mentah citra masukan sebanyak lima belas pasangan citra sebelum dan sesudah bencana. Citra masukan ini meliputi dua bencana besar yang pernah terjadi di Indonesia dan menarik perhatian masyarakat internasional, yaitu bencana Tsunami Aceh pada tanggal 28 Desember 2004 dan bencana Gempa bumi Yogyakarta pada tanggal 26 Mei 2006. Citra-citra ini peneliti dapatkan dengan mengunduh secara cuma-cuma melalui (CRISP).

Dalam penelitian ini tidak semua citra dapat digunakan sebagai citra masukan. Hal ini karena beberapa citra, khususnya citra wilayah Yogyakarta, peneliti identifikasi memiliki objek awan dan daerah bayangan awan. Citra dengan objek awan dan daerah bayangan awan tidak dapat digunakan sebagai citra masukan karena nantinya akan mengacaukan deteksi perubahan wilayah bencana. Dalam penelitian ini deteksi perubahan wilayah berdasarkan perubahan nilai intensitas di setiap piksel. Oleh karena itu, citra-citra ini tidak digunakan dalam eksperimen ini. Contoh citra dengan objek awan dan daerah bayangan awan dapat dilihat pada Gambar 33 dan Gambar 34. Resolusi asli kedua citra adalah 1353 x 1501. Daerah yang dilingkari dengan warna merah peneliti identifikasi sebagai objek awan atau daerah bayangan awan. Contoh citra yang dapat menjadi masukan dari aplikasi dapat dilihat pada Gambar 35 dan Gambar 36. Proses eksperimen akan peneliti jelaskan lebih lanjut pada sub-bab berikutnya.



Gambar 33 Citra dengan objek awan dan daerah bayangan awan. Wilayah Bantul sebelum bencana Gempa bumi Yogyakarta 9 Mei 2006 (CRISP)



Gambar 34 Citra dengan objek awan dan daerah bayangan awan. Wilayah Bantul sesudah bencana Gempa bumi Yogyakarta 28 Mei 2006 (CRISP)



Gambar 35 Citra masukan pada proses eksperimen. Citra wilayah sebelum bencana Tsunami Aceh tanggal 3 Januari 2003 (CRISP)



Gambar 36 Citra masukan pada proses eksperimen. Citra wilayah sesudah bencana Tsunami Aceh tanggal 29 Desember 2004 (CRISP)

6.2 Proses Eksperimen

Proses eksperimen ini ditujukan untuk mengetahui apakah aplikasi identifikasi wilayah bencana dan informasi besarnya kerusakan dapat berjalan dengan baik dan memberikan hasil yang sesuai. Pada proses eksperimen hanya melibatkan satu pasang citra saja, yaitu citra sebelum dan sesudah bencana pada Gambar 37 dan 38. Hal ini dikarenakan keterbatasan waktu, teknologi perangkat (processor 2,4 GHz dan memori 2 GB), dan algoritma deteksi wilayah sehingga proses eksperimen untuk citra asli, dengan resolusi 1296 x 1296, memakan waktu yang sangat lama. Tercatat dalam

waktu 12 jam aplikasi ini belum menghasilkan citra keluaran wilayah yang telah terdeteksi tingkat kerusakannya. Oleh karena itu, peneliti melakukan proses eksperimen dengan satu pasang citra masukan tetapi dengan tingkat resolusi yang berbeda-beda, mulai dari 200 x 200, 400 x 400, 600 x 600, 800 x 800, 1000 x 1000, dan 1296 x 1296. Lebih lanjut, tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengetahui batasan piksel citra masukan yang dapat diterima oleh aplikasi sehingga memberikan hasil citra keluaran dalam batas toleransi waktu yang wajar. Tabel memperlihatkan kompleksitas waktu baik dalam proses registrasi citra maupun deteksi wilayah.

Tabel 4 Kompleksitas waktu registrasi citra dan deteksi perubahan wilayah

resolusi	waktu untuk registrasi citra (detik)	waktu untuk deteksi perubahan wilayah (detik)	Tingkat kerusakan		
			Ringan (%)	Sedang (%)	Berat (%)
200 x 200	6, 20682	1100,89	7, 5	24, 5944	67, 9056
400 x 400	35, 0585	4384, 09	7, 82	25, 4225	66, 7575
600 x 600	66, 1675	9770, 64	7, 59	24, 1997	68, 2067
800 x 800	142, 769	dihentikan			
1000 x 1000	340, 695	dihentikan			
1296 x 1296	576, 367	dihentikan			

Gambar-gambar berikut ini menunjukkan hasil citra sesudah bencana mulai dari resolusi 200 x 200 sampai 1296 x 1296 yang telah teregistrasi dengan *mutual information*.



Gambar 37 Citra sesudah bencana yang telah teregistrasi [200 x 200]



Gambar 38 Citra sesudah bencana yang telah teregistrasi [400 x 400]



Gambar 39 Citra sesudah bencana yang telah teregistrasi [600 x 600]



Gambar 40 Citra sesudah bencana yang telah teregistrasi [800 x 800]

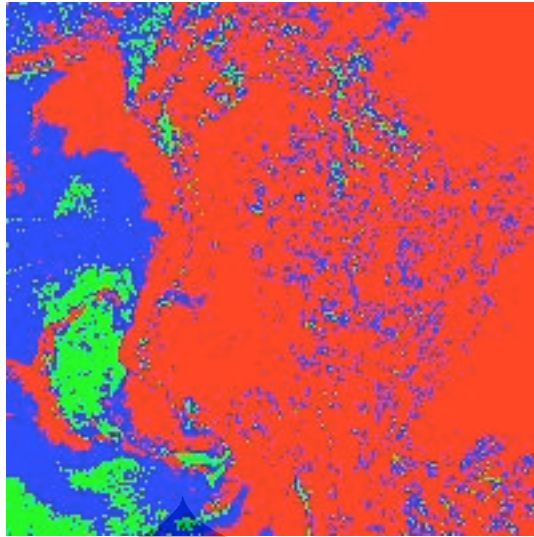


Gambar 41 Citra sesudah bencana yang telah teregistrasi [1000 x 1000]



Gambar 42 Citra sesudah bencana yang telah teregistrasi [1296 x 1296]

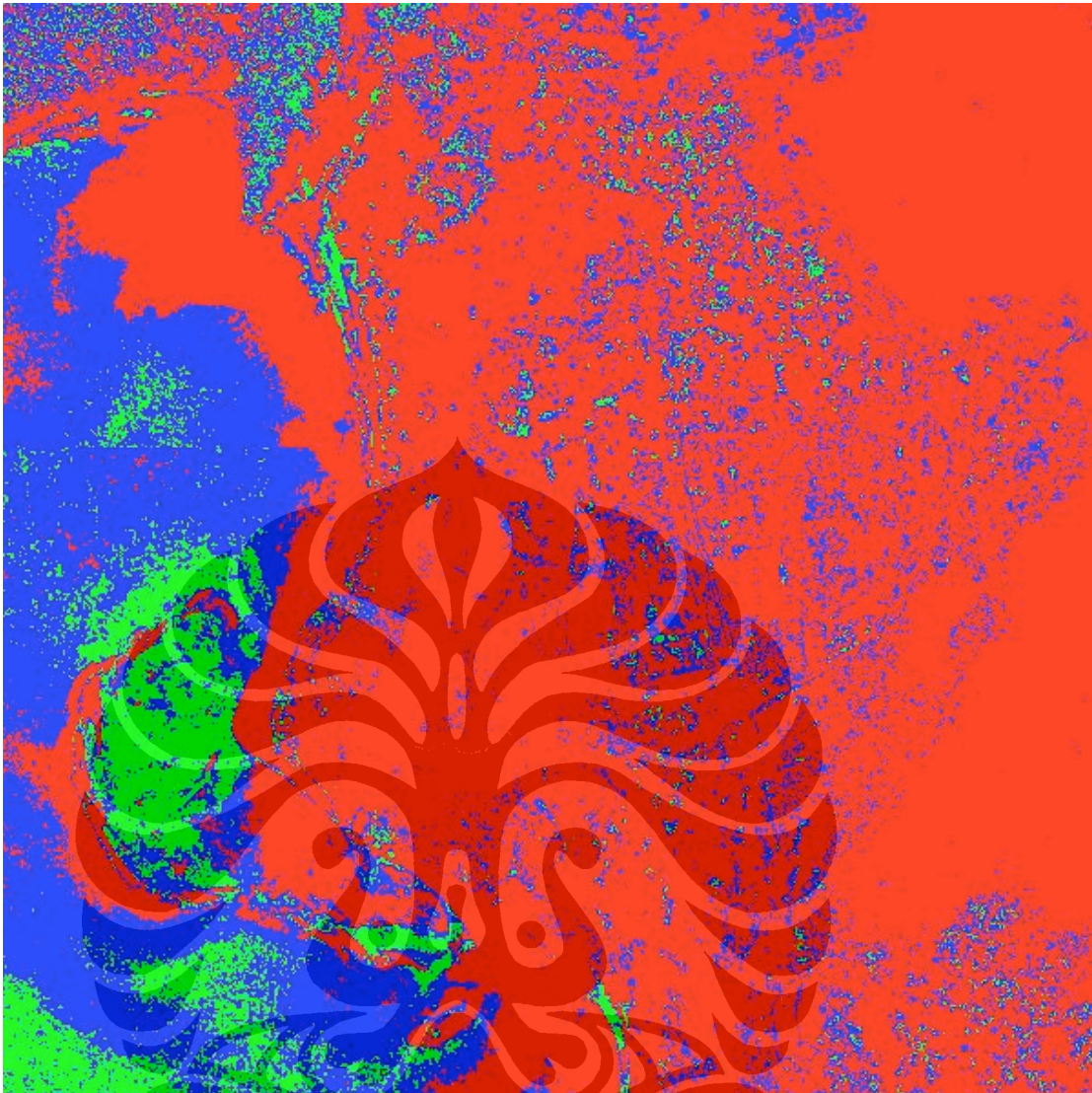
Selanjutnya gambar-gambar berikut ini menunjukkan citra hasil keluaran aplikasi identifikasi wilayah bencana dan informasi besarnya kerusakan.



Gambar 43 Citra hasil keluaran aplikasi [200 x 200]



Gambar 44 Citra hasil keluaran aplikasi [400 x 400]



Gambar 45 Citra hasil keluaran aplikasi [600 x 600]

6.3 Analisis Hasil Eksperimen

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, aplikasi identifikasi wilayah bencana dan informasi besarnya kerusakan memberikan hasil pengukuran tingkat kerusakan yang sama, baik untuk citra dengan resolusi kecil maupun citra dengan resolusi lebih besar. Tingkatan kerusakan wilayah, ringan, sedang dan berat, dalam persentase pun tidak terpaut terlalu jauh. Dari data eksperimen diatas, tingkat kerusakan ringan untuk resolusi 200 x 200, 400 x 400, dan 600 x 600 berturut-turut adalah 7,82%, 7,5% dan 7,59%. Perbedaannya hanya terletak pada cakupan wilayah dan rincian wilayah

dengan tingkat kerusakan ringan, sedang atau berat yang tentu saja memberikan hasil yang berbeda untuk resolusi kecil, sedang dan besar.

Teknik registrasi citra dengan mutual information cukup efektif, baik dalam kompleksitas waktu maupun dalam memberikan hasil keluaran. Salah satu yang menarik adalah ketika registrasi citra dengan resolusi 1000 x 1000 mulai terlihat adanya *zero-pixels*. Hal ini membuktikan adanya proses dilatasi dan rotasi sebagai bagian dari transformasi citra untuk memberikan hasil proses registrasi yang lebih akurat. Adanya transformasi citra menunjukkan bahwa semakin besar resolusi citra, semakin besar juga informasi yang terkandung didalamnya. Tetapi tentu saja semakin besar citra, semakin tinggi juga kompleksitas waktunya dalam proses registrasi.

Kombinasi aturan IF-THEN pada sistem inferensi *fuzzy* diatas tidak memberikan hasil yang memuaskan. Disini terlihat pada citra keluaran sistem inferensi *fuzzy* menunjukkan bahwa daerah laut dianggap memiliki tingkat kerusakan sedang, padahal daerah laut tidak mengalami perubahan wilayah yang cukup signifikan. Selain itu, daerah vegetasi hijau juga dideteksi memiliki tingkat kerusakan ringan, padahal daerah vegetasi hijau juga tidak mengalami perubahan wilayah yang signifikan. Hal ini tentu tidak hanya menyangkut aturan IF-THEN saja, tetapi juga fungsi keanggotaan yang digunakan perlu juga dilakukan verifikasi. Selain itu, metode defuzzifikasi yang digunakan juga perlu dilakukan verifikasi sehingga citra keluaran yang dihasilkan dapat memberikan hasil yang sesuai.

Kelemahan dari aplikasi ini adalah pada sistem deteksi perubahan wilayah yang memiliki kompleksitas waktu yang tinggi. Deteksi perubahan wilayah dengan pixel-based tidak cukup efektif untuk citra yang memiliki resolusi yang besar. Aplikasi ini hanya mampu memberikan hasil keluaran dalam batas toleransi waktu yang wajar untuk citra dengan resolusi 600 x 600.