

Optimalisasi Bentuk Objek Bangunan menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi dengan Pendekatan Geometri

Pahala Sirait

STMIK Mikroskil, Jl. Thamrin No. 112, 124, 140, Telp. (061) 4573767, Fax. (061) 4567789
Jurusan Teknik Informatika, STMIK Mikroskil, Medan
pahala@mikroskil.ac.id

Abstrak

Paper ini menyajikan studi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan bentuk bangunan karena terdegradasi oleh objek lain yang menutupi objek tersebut seperti pohon dan bangunan tinggi. Studi ini merupakan tahap pengolahan awal untuk berbagai kajian lanjutan yang berhubungan dengan bentuk bangunan seperti pengenalan bentuk bangunan, monitoring pertumbuhan dan perubahan bangunan pada suatu wilayah, kalkulasi luas bangunan dan lain-lain. Kajian ini penting untuk pengujian menggunakan citra satelit resolusi tinggi (IKONOS dan QuickBird), dimana citra resolusi tinggi ini sangat sensitif terhadap noise. Pada proses optimalisasi bentuk objek, proses diawali dengan pemisahan antara objek bangunan ke objek lain. Kehadiran objek lain di sekitar bangunan berdampak pada segmen garis tepi bangunan tidak beraturan. Secara metodologi, penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu : pertama, meliputi pemisahan objek bangunan terhadap objek lainnya dengan menggunakan algoritma k-means clustering ($k=2$), morfologi erosi, dan menutupi lubang (filing hole) pada tampilan atap yang terjadi karena pengaruh perbedaan intensitas warna; kedua, meliputi morfologi kerangka (skeletonization), penambahan endpoint, penyaringan endpoint, dan menghubungkan antara dua endpoint dengan segmen garis secara berurutan. Pengujian dilakukan pada 20 sampel dari citra satelit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi bentuk bangunan dapat dicapai relatif baik. Pengamatan visual menunjukkan bahwa metodologi yang digunakan dapat mempertahankan bentuk bangunan sesuai dengan fakta lapangan.

Kata kunci— *k-means clustering, filing hole, end point, morfologi, skeletonisasi*

Abstract

This paper presents a study that can be used to optimize the shape of the building because it is degraded by other objects that cover the building object such as tree and tall buildings. This study represents the preprocessing stage for further studies related to the shape of the building such as to identify the shape of the building, monitoring of growth and alteration of buildings in an area, calculation of building area and others. This study is important for testing using high resolution satellite imagery (IKONOS and QuickBird), high-resolution imagery is more sensitive to noise. In the process of optimizing the shape of the object, the process begins with the separation of building objects to other objects. The presence of other objects around the building have an impact on the segment of the building is irregular. In the methodology, this study is divided into two phases: first, involves the separation of building objects to other objects using the algorithm k-means clustering ($k = 2$), morphological erosion, and close the hole on the rooftop view which occurs due to the the difference in intensity of color; The second, involves the skeleton morphology (skeletonization), adding endpoint, endpoint filtering, and connecting two endpoints with line segments sequentially. Tests performed on 20 samples of satellite imagery. The results showed that the optimization of the shape of the building can be achieved relatively good. Visual observations indicate that the methodology used to maintain the shape of the building in accordance with the facts on the ground.

Keywords— *k-means clustering, filing hole, endpoints, morphology, skeletonization*

1. PENDAHULUAN

Salah satu pemanfaatan teknologi penginderaan jauh (remote sensing) yang sangat populer saat ini adalah penyediaan informasi regional untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemanfaatan wilayah, penentuan batas wilayah, pemetaan infrastruktur, dan lain sebagainya, khususnya untuk daerah perkotaan. Tingkat perubahan di daerah perkotaan sering tidak selaras dengan ketersediaan informasi terbaru tentang kondisi perubahan teritorial. Hal ini disebabkan penyediaan informasi yang masih dilakukan secara konvensional (survei BPS dengan jangka waktu 4 (empat) tahunan), sehingga penyediaan informasi ini kurang optimal, sebab disamping cakupan wilayah terbatas, kurang akurat, dan membutuhkan biaya tinggi, juga tidak up to date. Untuk itu perlu dilakukan kajian untuk pemanfaatan teknologi penginderaan jauh (remote sensing), dimana diharapkan dapat memberikan wilayah data spasial dengan cakupan wilayah yang sangat luas, akurasi yang tinggi, biaya yang relatif rendah dan dapat memberikan informasi terkini (up to date) terhadap suatu wilayah.

Salah satu objek penting yang mempengaruhi perubahan suatu wilayah, khususnya perkotaan adalah pertumbuhan bangunan baru di banyak lokasi dengan berbagai variasi bentuk bangunan tanpa termonitoring secara rutin. Hal ini berdampak pada pengelolaan wilayah yang tidak tepat sasaran, munculnya dampak social, dan lain sebagainya. Oleh karena penelitian ini dipersiapkan untuk berbagai pemanfaatan ke depan, dimana objek bangunan menjadi salah satu objek vital dalam pembangunan Negara, maka penulis merasa perlu dilakukan langkah awal untuk proses deteksi bangunan, deteksi bentuk bangunan. Untuk mendapatkan informasi yang relative akurat tentang ukuran luas bangunan, perlu dilakukan optimalisasi bentuk bangunan mendekati bentuk aslinya.

Dalam penelitian ini dilakukan optimalisasi tepi luar dari objek bangunan yang terdegradasi oleh berbagai macam gangguan, seperti objek yang lebih tinggi (bangunan lain, pohon, dan lain-lain) menimpa objek bangunan yang lebih rendah. Tepi luar dari bangunan didasarkan pada bentuk tampilan atap 2-D hasil rekaman satelit resolusi (IKONOS dan QUICKBIRD). Optimalisasi tepi luar dari objek bangunan perlu dilakukan untuk pemrosesan lanjutan seperti pengenalan bentuk objek bangunan, perhitungan luas bangunan, monitoring perubahan bangunan dan lain-lain. Adapun pendekatan yang digunakan untuk optimalisasi tepi luar dari objek bangunan tersebut adalah secara geometri yaitu memanfaatkan segmen garis, titik-titik sudut objek dan sudut antar segmen garis.

2. STUDI LITERATUR

Dalam penelitian Tong Ziyu et al (2011), dilakukan kajian pengenalan bentuk bangunan terdiri dari 8 (delapan) jenis termasuk persegi panjang, silang (+), L, O, H, T, U dan Z, dengan menggunakan pendekatan algoritma genetika, di mana pengujian dilakukan pada citra artifisial (gambar) 3D dan setiap gambar berisi bentuk dari suatu objek. Penelitian tersebut juga belum mempertimbangkan orientasi objek. Sonke Muller et al., (2005) dan Supanee Tanathong (2009) memfokuskan penelitiannya terhadap objek bangunan berbentuk persegi panjang, di mana evaluasi bentuk bangunan berdasarkan pasangan paralel segmen garis. Nicholas Shorter et al., (2009) Yongchak Lagu et al, (2008) dan Yu Meng et al., (2008), melakukan kajian bentuk bangunan L, U dan poligon beraturan, tetapi kajian terbatas pada pemberian batas (*outline*) dari suatu bangunan tanpa mempertimbangkan optimalisasi bentuk. Dalam sebuah studi Shikha Garg et al., (2012), dilakukan teknik segmentasi setelah operasi morfologi skeleton.

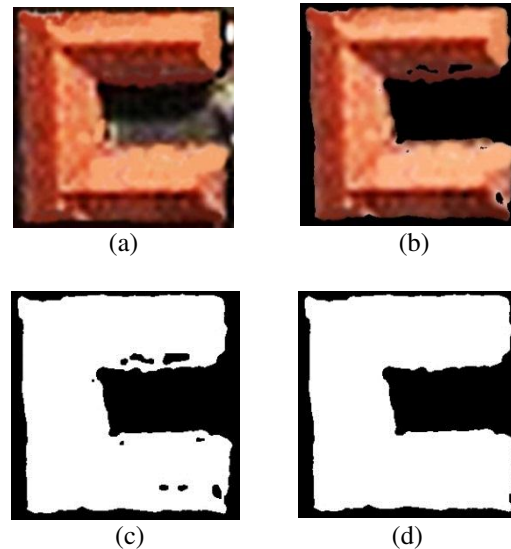
3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, pemrosesan dibagi menjadi 2 (dua) tahapan : (a) tahap pemrosesan awal, dan (b) tahap pemrosesan akhir. Pada tahap pemrosesan awal terhadap citra satelit, proses terdiri dari:

- (a) *K-means clustering* ($k=2$), dimana k adalah jumlah *cluster*: proses ini bertujuan untuk mengelompokkan pixel-pixel berdasarkan kemiripan nilai intensitas. Pada penelitian ini, jumlah cluster $k=2$, dengan pertimbangan pengelompokan pixel menjadi dua kelompok (cluster) yaitu cluster bangunan dan bukan bangunan. Penentuan pusat cluster awal ditentukan secara random, sementara kemiripan nilai intensitas ditentukan menggunakan rumus *euclidian distance*;

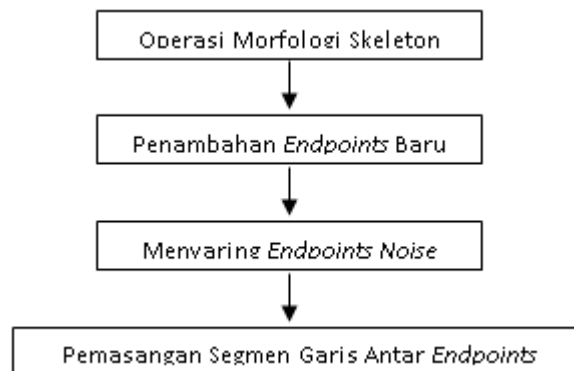
- (b) Proses morfologi erosi : proses ini berfungsi untuk memperhalus batas objek. Hal ini perlu dilakukan untuk memaksimalkan hasil proses skeletonisasi;
- (c) Proses morfologi *imfill* : proses ini berfungsi untuk menutupi lubang yang muncul karena perubahan intensitas pada area tertentu pada atap bangunan karena faktor waktu atau faktor lainnya;

Adapun contoh pemrosesan awal dalam penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 : (a) Citra asli; (b) Citra *k-means clustering* ($k=2$), (c) Citra erosi, dan (d) Citra hasil proses *imfill* ()

Sementara itu, tahap pemrosesan akhir bertujuan untuk optimalisasi tepi luar bangunan (skeletonisasi) sesuai diagram alir berikut ini :



Gambar 2. Flowchart Proses Skeletonisasi

A. Operasi Morfologi Skeleton

Proses morfologi dilakukan dengan menggunakan fungsi morfologi “skel” pada matlab. Adapun tujuan langkah ini adalah untuk menghasilkan kerangka objek yang dilengkapi dengan informasi fitur *branchpoints* dan fitur *endpoints* yang menyimbolkan sudut-sudut pada ujung objek. Operasi morfologi skeleton dilakukan sebagai berikut :

```

Read (Image);
Image = im2bw(Image);
Image_Skel = bwmorph(Image, 'skel');
  
```

B. Penambahan *endpoints* baru

Proses morfologi skeleton hanya menghasilkan *endpoints* dari lekukan-lekukan batas objek yang melengkung ke luar, sebaliknya terjadi untuk batas objek yang melengkung ke dalam, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini. Oleh karena penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi bentuk bangunan sesuai realitas, maka keberadaan setiap sudut objek sangat penting. Untuk itu perlu dilakukan penambahan *endpoints* baru, sehingga lekukan batas objek yang melengkung ke arah dalam akan terdeteksi. Adapun langkah yang dilakukan untuk penambahan *endpoints* baru didasarkan pada jarak terdekat antara *branchpoints* ke setiap koordinat batas objek untuk setiap 2 (dua) *endpoints* yang berurutan. Secara algoritma penambahan *endpoints* untuk objek ke- i ($i=1.., n$; n = jumlah objek) dapat dilakukan seperti berikut ini.

Misalkan diketahui himpunan *endpoints* dari objek ke- i : $EnP = \{e_1, e_2, \dots, e_p\}$; p = jumlah *endpoints*; dan *branchpoints* dari objek ke- i : $BrP = \{b_1, b_2, \dots, b_q\}$; q = jumlah *branchpoints*. Untuk mendukung proses ini dilakukan proses *boundary* untuk mendapatkan koordinat baris dan kolom dari setiap *edge* batas objek, misalkan himpunan *edge* dari *boundary* $BoD = \{d_1, d_2, \dots, d_r\}$; r = jumlah *edge*. Setiap elemen EnP , BrP dan BoD berisi koordinat baris dan kolom dari setiap elemen. Sebelum dilakukan algoritma berikut, terlebih dahulu sudah dilakukan pengaturan susunan EnP sesuai dengan susunan BoD .

```

For k=1 : p-1
    Set endpoints ke-k  $\rightarrow$  ( A =  $EnP(k)$  )
    Set endpoints ke-(k+1)  $\rightarrow$  ( B =  $EnP(k+1)$  )
    Periksa BoD hingga ditemukan baris dan kolom sama dengan A  $\rightarrow$  (Mis. di posisi ke - v)
    Periksa BoD hingga ditemukan baris dan kolom sama dengan B  $\rightarrow$  (Mis. di posisi ke - w)
    %Hitung jarak terpendek dari urutan v+1 hingga w-1 dengan setiap
    %elemen branchpoints
    %Looping branchpoints
    For f=1 : q
        Set baris dan kolom branchpoints ke-f (Br dan Bk);
        %Evaluasi terhadap baris dan kolom boundary antara v+1 hingga w-1
        JarakMin=1000;
        For g =v+1 : w-1
            Set baris dan kolom boundary ke-g (Dr dan Dk)
            %Hitung Jarak
            
$$Jarak = \sqrt{(Dr - Br)^2 + (Dk - Bk)^2} \quad (1)$$

            If (Jarak < JarakMin) Then
                JarakMin=Jarak;
            Endif
        EndFor
    EndFor
EndFor
EndFor

```

Susun kembali EnP sesuai urutan *boundary* (BoD);

C. Penyaringan *endpoints*

Proses penambahan *endpoints* akan menghasilkan *endpoints* baru sebagai *noise*. Untuk itu perlu dilakukan operasi penyaringan *endpoints* hingga pada akhirnya akan menyisakan *endpoints* pada sudut-sudut objek yang mewakili bentuk objek yang sesungguhnya. Proses penyaringan *endpoints* ini dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu berdasarkan jarak antar *endpoints* sesuai urutan dan berdasarkan kalkulasi sudut antara 3 (tiga) *endpoints* yang secara susunan berurutan.

1. Penyaringan berdasarkan jarak

Penyaringan berdasarkan jarak perlu dilakukan untuk menghindari kesalahan penyaringan berdasarkan *slope* oleh karena terlalu dekatnya jarak antar *endpoints*. Dalam penelitian ini, penyaringan dilakukan apabila jarak < 5 , dengan algoritma sebagai berikut :

```

k=1
While (k<p)
  Set endpoints ke-k (misalkan A)
  %Lakukan evaluasi antara EnP ke k dengan EnP selanjutnya jarak lebih besar dari
  5
  Ketemu = false;
  l = k+1;
  While (l<=p and Not Ketemu)
    Set endpoints ke-(k+1) (misalkan B)
    Hitung Jarak antara A dan B sesuai persamaan (1)
    If (Jarak > 5) Then
      Simpan A sebagai endpoints baru
      Ketemu = true;
    EndIf
    l = l +1;
  EndWhile
  k = k+1;
EndWhile

```

2. Penyaringan berdasarkan slope

Proses penyaringan *endpoints* dilanjutkan berdasarkan *slope* dari 3 (tiga) *endpoints* (P1, P2 dan P3) secara berurutan. Suatu *endpoints* akan dipertahankan apabila *slope* antara T1 (nilai ambang bawah) dan T2 (nilai ambang atas), dimana T1 dan T2 ditentukan secara manual (T1 = 60..75, dan T2 = 110.. 145). Adapun algoritma untuk penyaringan berdasarkan *slope* sebagai berikut :

```

%tentukan nilai ambang bawah (T1) dan ambang atas (T2)
Read (T1, T2)
Set endpoints ke-1 sebagai P1;
Set endpoints ke-2 sebagai P2;
For k=3 : p-1
  Set endpoints ke-k sebagai P3;
  %Hitung sudut P2 untuk P1, P2 dan P3
  
$$Slope = a \tan 2(\text{abs}(\det(P3 - P1, P2 - P1)), \text{dot}(P3 - P1, P2 - P1)) * (180 / \pi)$$
 (2)
  If (Slope >= T1 and Slope <= T2) Then
    Simpan P1
    P1=P2; P2=P3;
  Else
    %P1 tetap, P2 dibuang digantikan P3, dan P3 endpoints berikutnya
    P2 = P3;
  EndIf
EndFor
Simpan P1 dan P3

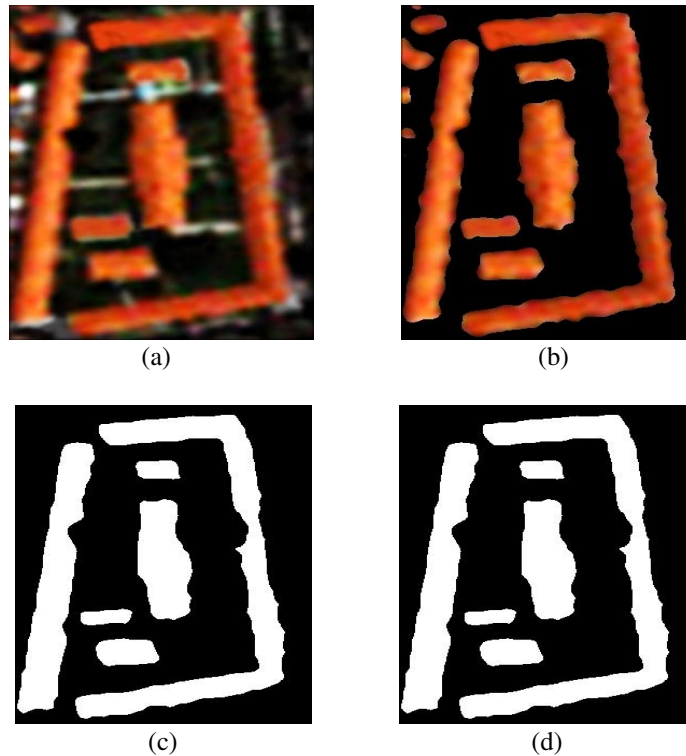
```

D. Pemasangan segmen garis antar dua endpoints

Pada akhirnya akan dilakukan pemasangan segmen garis antara dua *endpoints* yang berurutan. Pemasangan segmen garis ini dilakukan menggunakan fungsi PLOT dalam matlab.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 20 (dua puluh) sampel citra. Adapun sampel hasil pengujian untuk tahap pemrosesan awal ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. (a) Citra Asli, (b) Citra hasil K-Means clustering ($k=2$), (c) Citra di Erosi, dan (d) Proses Pengisian Lubang

Secara keseluruhan pusat cluster untuk 20 sampel citra pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Pusat Cluster untuk Proses *K-Means Clustering*

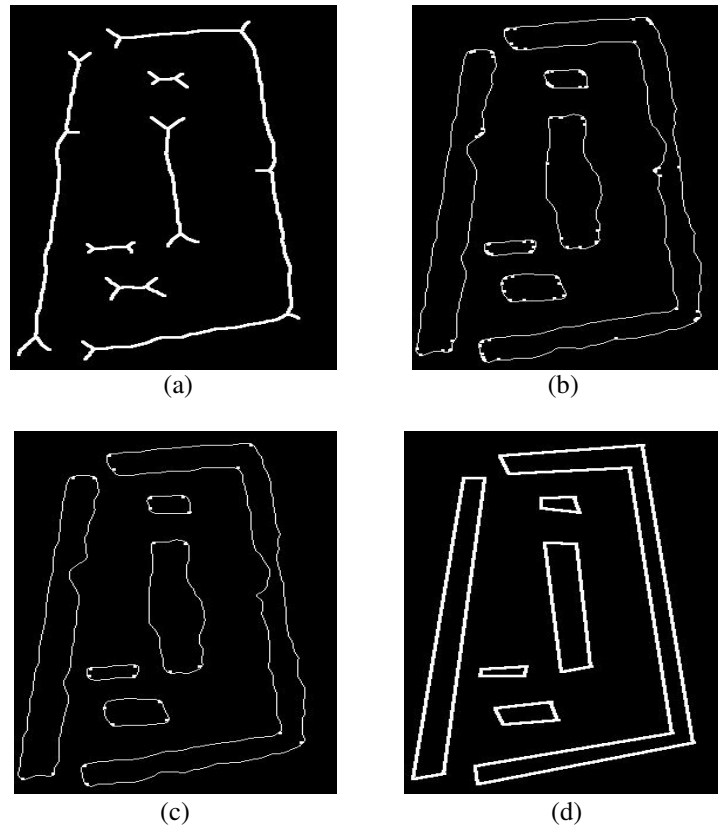
| No. | 20 Citra Hasil Pengujian | | | | |
|-----|--------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| | Nama File (jpg) | Layer | Pusat Cluster-1 | Pusat Cluster-2 | Waktu (s) |
| 1 | CAFE0301 | G | 129,029 | 161,214 | 1,322 |
| | | B | 139,948 | 174,158 | |
| 2 | CAFE0302 | G | 130,129 | 158,539 | 0,639 |
| | | B | 134,714 | 172,255 | |
| 3 | CAFE0303 | G | 131,678 | 160,724 | 0,864 |
| | | B | 137,998 | 182,267 | |
| 4 | CAFE0304 | G | 134,268 | 164,942 | 1,423 |
| | | B | 138,389 | 175,370 | |
| 5 | CAFE0305 | G | 137,080 | 175,294 | 0,591 |
| | | B | 141,396 | 182,658 | |
| 6 | CAFE0306 | G | 136,887 | 171,856 | 0,593 |
| | | B | 140,950 | 179,034 | |
| 7 | CAFE0307 | G | 139,249 | 175,835 | 0,787 |
| | | B | 144,705 | 184,105 | |
| 8 | CAFE0308 | G | 129,681 | 136,987 | 2,602 |
| | | B | 128,783 | 135,677 | |
| 9 | CAFE0309 | G | 128,731 | 143,857 | 0,931 |
| | | B | 132,795 | 163,983 | |

| No. | 20 Citra Hasil Pengujian | | | | |
|-----|--------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------|
| | Nama File (jpg) | Layer | Pusat Cluster-1 | Pusat Cluster-2 | Waktu (s) |
| 10 | CAFE0310 | G | 129,257 | 168,307 | 1,062 |
| 11 | CAFE0311 | G | 134,241 | 161,569 | 0,539 |
| | | B | 133,558 | 161,383 | |
| 12 | CAFE0312 | G | 129,999 | 160,107 | 0,769 |
| | | B | 128,228 | 152,662 | |
| 13 | CAFE0313 | G | 129,913 | 155,943 | 0,477 |
| | | B | 131,434 | 161,557 | |
| 14 | CAFE0314 | G | 120,305 | 135,865 | 0,464 |
| | | B | 110,499 | 128,609 | |
| 15 | CAFE0315 | G | 126,099 | 148,127 | 1,141 |
| | | B | 125,647 | 167,437 | |
| 16 | CAFE0316 | G | 126,289 | 147,842 | 1,086 |
| | | B | 125,865 | 164,043 | |
| 17 | CAFE0317 | G | 126,119 | 148,089 | 1,011 |
| | | B | 125,676 | 163,417 | |
| 18 | CAFE0318 | G | 142,033 | 174,277 | 0,583 |
| | | B | 139,503 | 159,794 | |
| 19 | CAFE0319 | G | 125,943 | 139,601 | 0,772 |
| | | B | 134,045 | 154,601 | |
| 20 | CAFE0320 | G | 136,239 | 181,903 | 0,429 |
| | | B | 137,326 | 181,466 | |

Contoh pengujian di atas menunjukkan hasil proses *k-means clustering* dengan jumlah cluster $k=2$. Proses ini bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek menjadi 2 (dua) kelompok (cluster), yaitu cluster bangunan dan cluster objek-objek lainnya. Pada awalnya, pusat cluster ditentukan secara random, sedangkan pusat cluster pada setiap akhir iterasi proses *k-means clustering* ditunjukkan pada tabel 1 di atas. Adapun hasil pengujian pada gambar 3 (b) di atas merupakan visualisasi hasil *k-means clustering* untuk cluster bangunan. Pada gambar tersebut terlihat beberapa objek yang secara warna mirip dan merupakan objek bangunan. Oleh karena batasan-batasan dalam metodologi, sehingga sebelum dilakukan proses morfologi erosi, terhadap hasil clustering dilakukan proses penghapusan objek-objek yang berukuran lebih kecil (jumlah pixel) dari yang diinginkan. Hal ini menyebabkan perbedaan jumlah objek yang terlihat pada proses erosi.

Gambar 3 (c) di atas menunjukkan hasil proses erosi yang bertujuan untuk mengikis tepi setiap objek sehingga secara visual lebih halus. Sementara itu, pada proses morfologi *filling hole* yang bertujuan untuk menambal lubang yang terjadi karena faktor kurang seragaman intensitas pada area tertentu pada setiap objek. Proses ini perlu dilakukan untuk membantu dalam mengoptimalkan bentuk objek bangunan. Adanya lubang di tengah objek akan berdampak pada hasil skeleton yang menghasilkan informasi *endpoint* dan *branchpoint*. Adapun hasil proses ini ditunjukkan pada gambar 3 (d) di atas. Namun gambar tersebut tidak menunjukkan adanya lubang, sehingga contoh yang lebih jelas untuk kasus ini ditunjukkan pada gambar 1 (c) dan (d) di atas.

Pada tahap pemrosesan akhir, dilakukan proses pengujian skeletonisasi dengan sampel hasil pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Hasil Proses : (a) Skeleton, (b) Penambahan Endpoint, (c) Penyaringan Endpoint, (d) Linking antara dua Endpoint

Tahap pemrosesan akhir ini diawali dengan proses skeleton untuk menghasilkan rangka dalam dari setiap objek seperti di tunjukkan pada Gambar 4 (a) di atas, dan informasi koordinat baris dan kolom dari setiap *endpoint* (ujung dari setiap cabang) dan *branchpoint* (titik temu antar cabang). Informasi koordinat ini menjadi data awal untuk proses optimalisasi bentuk bangunan.

Proses penambahan *endpoint* dilakukan setelah operasi *boundary* (matlab) dari setiap objek, sehingga hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4(b) di atas. Adapun tujuan utama penambahan *endpoint* ini untuk mengatasi tidak adanya *endpoint* untuk setiap objek apabila lekukan mengarah ke dalam. Namun penambahan *endpoint* ini juga akan berakibat munculnya *endpoint-endpoint* baru yang dianggap sebagai noise. Untuk itulah, selanjutnya dilakukan proses menghilangkan *endpoint* yang tidak berguna (noise).

Adapun proses penyaringan *endpoint* dilakukan dalam dua sub-proses, yaitu berdasarkan jarak pixel antara *endpoint* dan berdasarkan slope. Secara visual, pada gambar 4(b) di atas terlihat bahwa *endpoint* lebih menumpuk di sekitar sudut objek. Untuk mengatasi permasalahan inilah perlu dilakukan penyaringan *endpoint* berdasarkan jarak (jarak < 5 pixel). Kemudian dilanjutkan dengan penyaringan *endpoint* yang melibatkan tiga titik *endpoint* (P1, P2, P3 merupakan koordinat baris dan kolom dari setiap *endpoint*) dalam setiap proses. Proses ini dilakukan untuk mempertahankan *endpoint* yang terletak pada titik-titik sudut objek (slope P1, P2, P3, antara $60^\circ - 145^\circ$), dimana *endpoint* P2 sebagai akan dipertahankan, jika tidak maka *endpoint* P2 akan dihilangkan. Dalam prakteknya, nilai ambang ditentukan secara manual. Adapun nilai ambang T1 dan T2 untuk 20 pengujian ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. : Nilai Threshold untuk proses penyaringan *Endpoint*

| No | Temporal - 1 | | |
|----|--------------------|----|-----|
| | Nama File (jpg) | T1 | T2 |
| 1 | CAFE0301 | 60 | 130 |
| 2 | CAFE0302 | 60 | 135 |
| 3 | CAFE0303 | 60 | 140 |
| 4 | CAFE0304 | 60 | 135 |
| 5 | CAFE0305 | 60 | 130 |
| 6 | CAFE0306 | 60 | 125 |
| 7 | CAFE0307 | 60 | 130 |
| 8 | CAFE0308 | 70 | 120 |
| 9 | CAFE0309 | 70 | 110 |
| 10 | CAFE0310 | 70 | 115 |
| 11 | CAFE0311 | 70 | 125 |
| 12 | CAFE0312 | 70 | 130 |
| 13 | CAFE0313 | 70 | 130 |
| 14 | CAFE0314 | 70 | 120 |
| 15 | CAFE0315 | 70 | 140 |
| 16 | CAFE0316 | 70 | 140 |
| 17 | CAFE0317 | 70 | 135 |
| 18 | CAFE0318 | 70 | 135 |
| 19 | CAFE0319 | 70 | 135 |
| 20 | CAFE0320 | 70 | 130 |

Akhirnya, hasil proses penyaringan *endpoint* ditunjukkan pada gambar 4(c) di atas. Hasil menunjukkan bahwa akhirnya *endpoint* yang mewakili titik sudut (siku) objek dipertahankan, sementara *endpoint* lainnya di hapus.

Pada bagian akhir proses ini, dilakukan operasi menghubungkan garis (*linking*) antara dua *endpoint* yang berurutan mengikuti arah *boundary* dari setiap objek, dengan hasil seperti ditunjukkan pada gambar 4(d) di atas.

4. KESIMPULAN

Sesuai dengan hasil dan pembahasan di atas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Pada proses clustering, penentuan jumlah cluster ($k=2$) cukup efektif untuk permasalahan ini, sebab target utama adalah memisahkan antara objek bangunan terhadap objek lainnya;
- Proses penyaringan *endpoint* berdasarkan jarak cukup efektif menghilangkan *endpoint* yang tidak diinginkan dan mempertahankan *endpoint* yang dibutuhkan;
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa keberadaan titik-titik *endpoint* belum mampu mengembalikan luas ukuran objek relatif sama dengan aslinya;
- Metodologi usulan cukup efektif untuk memperbaiki bentuk objek yang didasarkan pada kerangka luar objek yang terdegradasi oleh objek lain;

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah :

- Penentuan nilai ambang untuk proses penyaringan *endpoint* dilakukan secara manual, sehingga untuk objek-objek yang secara geometri tepi luarnya beraturan dapat dihasilkan nilai yang standar;
- Perlu dikaji lebih dalam untuk penempatan *endpoint* sehingga bentuk dan ukuran objek relatif sama dengan aslinya;

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leyden Martinez-Fonte, Sidharta Gautama and Wilfried Philips, 2004, An Empirical Study on Corner Detection to Extract Buildings in Very High Resolution Satellite Images, Proceedings of IEEE-ProRisc 2004, pp.288-293
- [2] Nicholas Shorter and Takis Kasparis, 2009, Automatic Vegetation Identification and Building Detection From a Single Nadir Aerial Image, Remote Sensing 2009, Journal, 1, 731-757
- [3] Pahala Sirait, Aniati Murni Arymurthy, 2010, Cluster Centres Determination Based on KD Tree in K-Means Clustering for Area Change Detection, International Conference on Distributed Framework and Applications (DFmA), 171-177
- [4] Shikha Garg and Gianetan Singh Sekhon, 2012, Shape Analysis and Recognition Based on Oversegmentation Technique, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), ISSN: 2277-3878, Volume-1, Patiala India
- [5] Sonke Muller, Daniel W. Z., Robust Building Detection In Aerial Images, In Stilla U, Rottensteiner F. Hinz S (Eds), MNRT (05), IAPRS, 36(3), Vienna, Austria
- [6] Supanee Tanathong, Kurt T. Rudahl, Sally E. Goldin, 2009, Object Oriented Change Detection of Buildings After a Disaster, ASPRS Annual Conference, Baltimore, Maryland
- [7] Tong Ziyu, 2011, A Genetic Algorithm Approach To Optimizing The Shape Of Building, Proceedings of CHAMPS 2011: The 8th International Forum and Workshop on Combined Heat, Air, Moisture and Pollutant Simulations March 20-22, 2011 Nanjing, China
- [8] Yonghak Song, Jie Shan, 2008, Building Extraction From High Resolution Color Imagery Based on Edge Flow Driven Active Contour and JSEG, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3a.*, Beijing
- [9] Yu Meng, Zhongming Z., XinDu, Shu Peng, 2008, Building Change Detection Based on Similarity Calibration, Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery