

OPTIMALISASI BENTUK OBJEK TERDEGRADASI DAN PERHITUNGAN LUAS BANGUNAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI DENGAN PENDEKATAN GEOMETRI

Pahala Sirait

*Jurusan Teknik Informatika
Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Mikroskil
Medan - Indonesia
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 menambal lubang (*filling hole*) pada tampilan atap akibat ketidakseragaman intensitas warna; *kedua*, meliputi morfologi kerangka (*skeletonization*), penambahan *endpoint*, penyaringan *endpoint*, dan menghubungkan antara dua *endpoint* dengan segmen garis secara berurutan. Perhitungan luas bangunan ditentukan berdasarkan kalkulasi berdasarkan titik-titik koordinat dari titik-titik sudut objek bangunan. 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 dan menghitung luas dari setiap objek bangunan dengan baik.

Kata Kunci: *K-Means Clustering, Morfologi, Skeleton, Geometry*

I. 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 Tong Ziyu et al [7], 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[6][7]. 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 [3][9][10]. Dalam sebuah studi Shikha Garg et al., (2012), dilakukan teknik segmentasi setelah operasi morfologi skeleton [5]. 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. Adapun pertimbangan utama penggunaan pendekatan secara geometri adalah karena pada prinsipnya kerangka luar bangunan secara fisik beraturan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Geometri adalah cabang matematika yang berhubungan dengan deduksi properti, pengukuran, dan

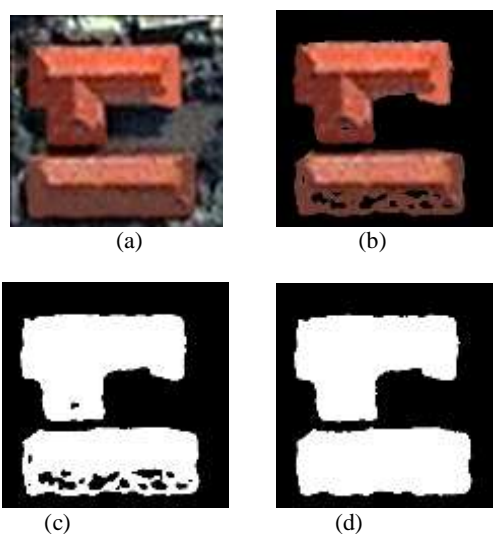
hubungan timbal balik dari titik (*point*), garis (*line*), sudut (*angle* atau *corner*), dan gambar-gambar pada suatu ruang berdasarkan kondisi yang dimiliki dengan cara mengasumsikan sifat-sifat tertentu dari ruang. Sedangkan *geometric boundary* adalah garis lurus yang berfungsi sebagai batas suatu fisik (objek) dan tidak berhubungan dengan perbedaan fisik. Pendekatan ini sangat sering digunakan untuk permasalahan pengenalan dan deteksi objek, sehingga dapat diketahui bentuk objek atau jenis objek yang dapat dilihat dalam gambar dan bagaimana menentukan lokasi yang tepat dari objek tersebut [7].

Morfologi dalam pengolahan citra adalah alat untuk mengekstraksi komponen gambar yang berguna dalam representasi dan deskripsi bentuk region dari objek, seperti batas-batas dan kerangka objek. Selain itu, operasi morfologi dapat digunakan untuk penyaringan, penipisan dan pemangkasan. Terminologi morfologi berasal dari teori himpunan, di mana objek gambar dapat diwakili oleh himpunan [1].

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 :

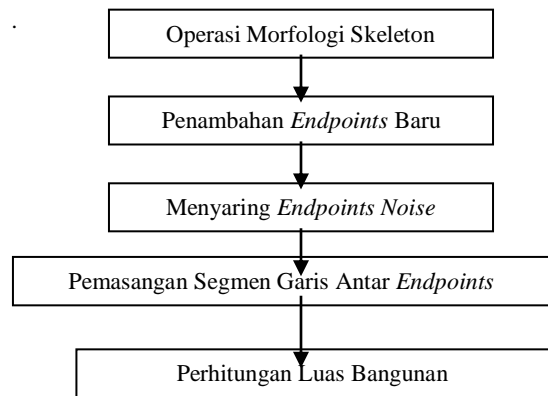
- (a) *K-means clustering* ($k=2$), dimana k adalah jumlah *cluster* : proses ini bertujuan untuk mengelompokkan pixel-pixel berdasarkan kemiripan nilai intensitas. Pada penelitian ini, jumlah cluster $k=2$, dengan pertimbangan pengelompokan pixel menjadi dua kelompok (*cluster*) yaitu cluster bangunan 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 *infill* : 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 *infill* ()

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



Gambar 2 : *Flow Chart* Pemrosesan Akhir

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 $EndP$ sesuai dengan susunan BoD .

```

    For k=1 : p-1
      Set endpoints ke-k → ( A = EnP(k) )
      Set endpoints ke-(k+1) → ( B = EnP(k+1) )
      Periksa BoD hingga ditemukan baris dan kolom sama dengan A → ( Mis. di posisi ke - v )
      Periksa BoD hingga ditemukan baris dan kolom sama dengan B → ( 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

$$Jarak = \sqrt{(Dr - Br)^2 + (Dk - Bk)^2}$$

        (1)
        If (Jarak < JarakMin) Then
            JarakMin=Jarak;
        Endif
    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 > Dist) 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

$$Slope = a \tan 2(abs(det(P3 - P1, P2 - P1))),$$


$$dot(P3 - P1, P2 - P1) * (180 / pi)$$

    (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.

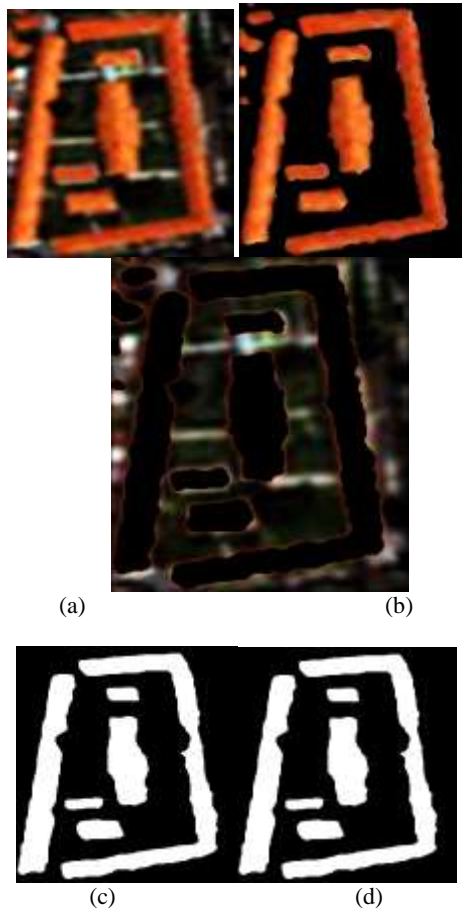
E. Perhitungan Luas Bangunan

Adapun operasi perhitungan yang digunakan untuk mengitung luas objek berbasis sudut untuk objek-objek poligon (beraturan atau tidak beraturan) adalah sebagai berikut [11] :

- Tuliskan koordinat simpul (sudut) dari poligon yang tidak teratur. Menentukan daerah untuk poligon yang tidak teratur dapat ditemukan ketika Anda mengetahui koordinat dari simpul (sudut);
- Membuat array yang menampung daftar koordinat x dan y dari setiap titik sudut poligon, dimana disusun sesuai urutan penelusuran batas objek;
- Mengalikan koordinat x masing-masing titik dengan koordinat y dari sudut berikutnya dan menambahkan semua hasil perkalian;
- Mengalikan koordinat y dengan masing-masing titik koordinat x dari sudut berikutnya, dan menambahkan semua hasil perkalian;
- Mengurangkan hasil point c terhadap hasil d
- Membagi hasil (e) dengan 2 (dua) untuk mendapatkan luas area poligon;

III. 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, cluster 1 dan cluster 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				Waktu (s)
	Nama File (jpg)	Layer	Pusat Cluster-1	Pusat Cluster-2	
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	

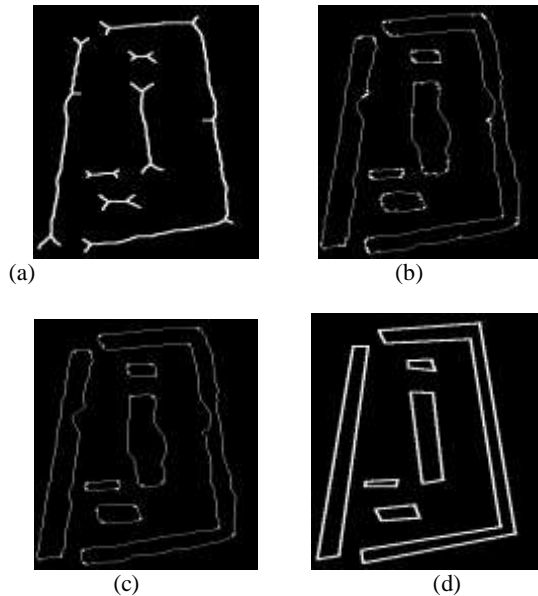
7	CAFE0307	G	139,249	175,835	0,787
		B	144,705	184,105	
8	CAFE0308	G	129,681	136,987	2,602
		B	128,783	135,677	
9	CAFE0309	G	128,731	143,857	0,931
		B	132,795	163,983	
10	CAFE0310	G	129,257	168,307	1,062
11	CAFE0311	G	134,241	161,569	0,539
		B	133,558	161,383	
12	CAFE0312	G	129,999	160,107	0,769
		B	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 kekurangan 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 ditunjukkan 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 optimisasi 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° – 145°), 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*

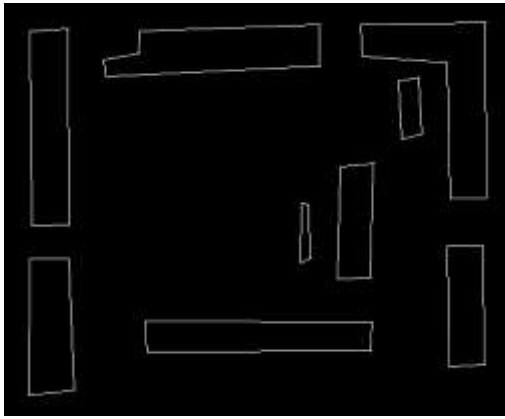
No	Temporal - 1		
	Nama File (jpg)	T1	T2
1	CAFE0301	60	130
2	CAFE0302	60	135
3	CAFE0303	60	140
4	CAFE0304	60	135
5	CAFE0305	60	130
6	CAFE0306	60	125
7	CAFE0307	60	130
8	CAFE0308	70	120
9	CAFE0309	70	110
10	CAFE0310	70	115
11	CAFE0311	70	125
12	CAFE0312	70	130
13	CAFE0313	70	130
14	CAFE0314	70	120
15	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 dihapus. Proses linking antar *endpoint*, dilakukan dengan menghubungkan garis antara dua *endpoint* yang berurutan mengikuti arah *boundary* dari setiap objek, dengan hasil seperti ditunjukkan pada gambar 4(d) di atas.

Adapun hasil perhitungan luas objek bangunan pada gambar 4 di atas adalah sebagai berikut :

Hasil Perhitungan Luas Objek Bangunan
Objek 1 = 6743
Objek 2 = 10816
Objek 3 = 268
Objek 4 = 784
Objek 5 = 341
Objek 6 = 3476

Contoh lain :



Gambar 5. Hasil Proses Skeletonisasi

Hasil Perhitungan Luas Objek Bangunan
Objek 1 = 4736
Objek 2 = 6116
Objek 3 = 7030
Objek 4 = 5486
Objek 5 = 281
Objek 6 = 3039
Objek 7 = 8239
Objek 8 = 952
Objek 9 = 3498

Hasil perhitungan luas objek di atas adalah dalam satuan pixel, sedangkan untuk menentukan luas objek sesungguhnya adalah mengalikan luas objek dengan resolusi citra yang digunakan (IKONOS = 1 meter/pixel, Qbird = 0,6 meter/pixel).

IV. KESIMPULAN

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

- Pada proses clustering, penentuan jumlah cluster (k=2) cukup efektif untuk mengatasi permasalahan pemisahan objek;
- 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;
- Teknik perhitungan luas objek bangunan sangat akurat sepanjang proses skeletonisasi juga optimal.

V. 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

- Gonzalez, Rafael C., Richards E., Woods, 2010, "Digital Image Processing Using Matlab 2e", Tata McGraw – Hill, New Delhi
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Supanee Tanathong, Kurt T. Rudahl, Sally E. Goldin, 2009, Object Oriented Change Detection of Buildings After a Disaster, ASPRS Annual Conference, Baltimore, Maryland
- 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
- 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
- Yu Meng, Zhongming Z., XinDu, Shu Peng, 2008, Building Change Detection Based on Similarity Calibration, Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery
- <http://www.wikihow.com/Calculate-the-Area-of-a-Polygon>